



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

“Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el  
área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A, Callao, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Industrial

**AUTORES:**

Angeles Huangal, Yessenia Estefany (ORCID: 0000-0003-3604-6046)

Baldeon Coca, Julio Luis (ORCID: 0000-0001-7986-9443)

**ASESOR:**

Mg. Zeña Ramos, José La Rosa (ORCID: 0000-0001-7954-6783)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**LIMA - PERÚ**

2019

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado con todo mi amor y cariño a mi familia, a mis padres Amador y Teresa que, gracias a su ejemplo de vida, hicieron de mí una gran persona, a mis hermanos por su motivación constante, a mi novio por su infinito apoyo para seguir siempre hacia adelante y a mis ángeles del cielo, abuelos, tíos y bisabuelo que guiaron mi camino, para cumplir con todas mis metas y objetivos.

**Yessenia Angeles Huangal**

El presente trabajo se lo dedico con mucho cariño a toda mi familia, de manera muy especial a mi amada madre, Marta Coca Huaman, por ser mi inspiración, mi motivación y mi fortaleza para lograr todas mis metas y objetivos, y a enseñarme lo importante que es ser cada vez un mejor hijo, un mejor hermano, un mejor amigo, un mejor profesional y sobre toda una mejor persona.

**Julio Luis Baldeon Coca**

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por darme la fortuna de la vida, la dicha de gozar de buena salud y la fortaleza necesaria para superar cualquier adversidad que se me presente.

A mis padres Amador Angeles y Teresa Huangal, a mis hermanos, Mary, Angel, Edwin, Zuleyca y a mi novio, Robin, porque son el eje principal en el cumplimiento de mis sueños.

A nuestro profesor Mg. Zeña Ramos José la Rosa por compartir todo su conocimiento a lo largo de nuestra preparación para la culminación de esta tesis.

### **Yessenia Angeles Huangal**

Agradezco a Dios por bendecirme con una familia hermosa, por darme salud e iluminar mi camino, a mis queridos abuelos Juan Baldeon, Juana Carmen, y Victoria Huaman que partieron al encuentro con nuestro creador, también a todas las personas maravillosas que conocí en el transcurso de este camino.

### **Julio Luis Baldeon Coca**

## **PÁGINA DEL JURADO**

## **Declaratoria de Autenticidad**

### **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**


Yo, Angeles Huangal, Yessenia Estefany con DNI N° 47215069, estudiante del décimo ciclo 2019 – II de la facultad de ingeniería de la escuela profesional de ingeniería industrial a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial.

Declaro bajo juramento la autenticidad de toda documentación que se presenta en la presente tesis “Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A., Callao, 2019”, para lo cual, me someto a las normas establecidas sobre elaboración de estudios de investigación al respecto.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima 25 de setiembre del 2019



---

Angeles Huangal, Yessenia Estefany

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Baldeon Coca, Julio Luis con DNI N° 47137442, estudiante del décimo ciclo 2019 – II de la facultad de ingeniería de la escuela profesional de ingeniería industrial a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial.

Declaro bajo juramento la autenticidad de toda documentación que se presenta en la presente tesis “Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de mecanizado la empresa Servicios Mineros S.A., Callao, 2019”, para lo cual, me someto a las normas establecidas sobre elaboración de estudios de investigación al respecto.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima 25 de setiembre del 2019



---

Baldeon Coca, Julio Luis

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del Jurado calificador:

Cumpliendo con las disposiciones vigentes provenientes del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, pongo a vuestro criterio profesional la evaluación del presente trabajo de investigación: “Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A, Callao, 2019”, la misma que tiene por objetivo incrementar la productividad a través de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el área de mecanizado en la empresa Servicios Mineros S.A. La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Industrial.

Atentamente.

**Angeles Huangal, Yessenia Estefany**

**Baldeon Coca, Julio Luis**

## ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Presentación.....	vii
Índice .....	viii
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	xi
Resumen .....	xiii
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO .....	33
2.1. Tipo y Diseño de investigación .....	34
2.2. Variables y Operacionalización.....	36
2.3. Población, Muestra y Muestreo .....	38
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez .....	39
2.5. Métodos de análisis de datos .....	42
2.6 Aspectos éticos .....	43
2.7. Desarrollo de la propuesta .....	43
III. RESULTADOS .....	117
IV. DISCUSIÓN.....	130
V. CONCLUSIONES.....	133
VI. RECOMENDACIONES .....	135
REFERENCIAS .....	137
ANEXOS .....	143



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Causas Principales.....	7
Tabla 2: Matriz de Correlación de Problemas .....	8
Tabla 3: Diagrama de Pareto de los problemas de Servicios Mineros S.A., 2019.....	9
Tabla 4: Estratificación de problemas .....	11
Tabla 5: Frecuencia de Categorías.....	12
Tabla 6: Alternativas de Solución .....	13
Tabla 7: Matriz de priorización .....	14
Tabla 8: Pasos para la implementación del mantenimiento preventivo .....	23
Tabla 9: Matriz de Coherencia .....	32
Tabla 10: Matriz de Operacionalización .....	37
Tabla 11: Productividad en el área de Mecanizado .....	55
Tabla 12: Registro de fallas en el área de mecanizado.....	57
Tabla 13: Cálculo del Mantenimiento Periódico antes de la Implementación .....	58
Tabla 14: Cálculo del Mantenimiento de Fiabilidad antes de la Implementación .....	60
Tabla 15: Cálculo de la eficiencia antes de la propuesta.....	62
Tabla 16: Cálculo de la eficacia antes de la propuesta .....	64
Tabla 17: Cálculo de la productividad antes de la propuesta .....	66
Tabla 18: Eficiencia, Eficacia y Productividad antes de la propuesta.....	68
Tabla 19: Causas Principales de Servicios Mineros S.A .....	71
Tabla 20: Alternativa de Solución.....	72
Tabla 21: Diagrama de Gantt de la propuesta .....	75
Tabla 22: Lista de fallas y averías existentes en los equipos del área de mecanizado de Serminsa .....	76
Tabla 23: Inventario de los equipos del área de mecanizado de Serminsa.....	78
Tabla 24: Codificación de Equipos del área de mecanizado de Serminsa. ....	79
Tabla 25: Cronograma anual de mantenimiento de Serminsa.....	81
Tabla 26: Cronograma de mantenimiento Rutinario, Mensual y Semanal de Serminsa.....	83
Tabla 27: Cálculo del Mantenimiento Periódico luego de la Implementación .....	95
Tabla 28: Cálculo del Mantenimineto Periódico luego de la Implementación .....	96
Tabla 29: post- test de eficiencia .....	98
Tabla 30: post- test de eficacia .....	99
Tabla 31: post- test de productividad .....	101

Tabla 32: Tabla comparativa de la variable dependiente luego de la implementación.....	103
Tabla 33: Tabla de datos comparativos .....	106
Tabla 34: Tabla de comparación de horas maquina perdidas antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo .....	112
Tabla 35: Cuadro resumen de horas maquina perdidas .....	113
Tabla 36: Costo de horas maquina en el área de mecanizado de servicios mineros S.A. .	113
Tabla 37: Ahorro mensual en horas máquina.....	113
Tabla 38: Costo de mano de obra mensual.....	114
Tabla 39: Costo de insumos a utilizar mensuales.....	114
Tabla 40: Detalle de costo de inversión .....	115
Tabla 41: Flujo de caja para la implementación del mantenimiento preventivo.....	115
Tabla 42: Cálculo del TIR y VAN.....	116
Tabla 43: Cálculo del beneficio - costo .....	116
Tabla 44: Análisis Descriptivo del Cumplimiento de Mantenimiento Periodico.....	118
Tabla 45: Tabla de análisis del índice de Fiabilidad .....	119
Tabla 46: Tabla de tiempo de producción .....	120
Tabla 47: Tabla de análisis descriptivo del Cumplimiento de a Producción.....	121
Tabla 48: Prueba de normalidad de Productividad con Kolmogorov-Smirnov .....	122
Tabla 49: Comparación de medias de productividad antes y después con Wilcoxon.....	123
Tabla 50 : Estadístico de prueba - Wilcoxon.....	124
Tabla 51: Prueba de normalidad de la Eficiencia con Kolmogorov-Smirnov.....	125
Tabla 52: Comparación de medias de la eficiencia antes y después con Wilcoxon.....	125
Tabla 53: Estadístico de prueba - Wilcoxon.....	126
Tabla 54: Prueba de normalidad de la Eficacia con Kolmogorov-Smirnov.....	127
Tabla 55: Comparación de medias de la eficacia antes y después con Wilcoxon.....	128
Tabla 56: Estadístico de prueba - Wilcoxon.....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Exportaciones Metalmecánica (miles de dólares).....	2
Figura 2: Producción Industrial del Sector Metalmecánica, Enero-Octubre 2018 (Variación porcentual).....	3
Figura 3: Ficha de observación de datos tomados de SERMINSA.....	5
Figura 4: Diagrama Ishikawa de Servicios Mineros S.A., 2019. ....	6
Figura 5: Gráfico del Diagrama de Pareto.....	10
Figura 6: Gráfico Estratificación de Problemas Principales.....	12
Figura 7: Evolución del Mantenimiento.....	19
Figura 8: Tipos de Mantenimiento Preventivo.....	20
Figura 9: Mantenimiento Preventivo.....	21
Figura 10: Componentes de la productividad.....	25
Figura 11: Componentes de la productividad.....	35
Figura 12: Localización geográfica de la empresa SERMINSA.....	44
Figura 13: Organigrama de la empresa SERMINSA. ....	46
Figura 14: Productos fabricados por SERMINSA.....	47
Figura 15: DOP del proceso de fabricación de locomotoras de SERMINSA.....	49
Figura 16: Distribución de planta de SERMINSA.....	50
Figura 17: Área de mecanizado de la empresa SERMINSA.....	51
Figura 18: Distribución de planta del área de mecanizado de SERMINSA.....	52
Figura 19: DOP del Área de Mecanizado de Servicios Mineros S.A.....	54
Figura 20: Gráfico de la productividad antes del pre-test.....	55
Figura 21: Piezas Mecánicas del área de mecanizado.....	56
Figura 22: Eficiencia, Eficacia y Productividad antes de la propuesta.....	70
Figura 23: Codificación de Equipos.....	79
Figura 24: Manual de mantenimiento Francisco Rey (2001).....	85
Figura 25: Ficha Técnica del Torno CNC, Serminsa.....	86
Figura 26: Ficha técnica del Torno Paralelo, Serminsa.....	87
Figura 27: Ficha técnica del Torno Paralelo Tovaglieri, Serminsa.....	88
Figura 28: Ficha técnica del Torno Paralelo Nardini, Serminsa.....	89
Figura 29: Ficha Técnica de Fresadora Universal, Serminsa.....	90
Figura 30: Ficha Técnica de Fresadora Universal Pequeña, Serminsa.....	91

Figura 31: Formato de Solicitud de Trabajo de Mantenimiento, Serminsa.....	92
Figura 32: Orden de Trabajo de Mantenimiento, Serminsa .....	93
Figura 33: Inducción al personal del área de mecanizado de Serminsa .....	94
Figura 34: Gráfica pos-test de Eficiencia, Eficacia y Productividad.....	105
Figura 35: Gráfica comparativa Pres y Pos - test de la Variable Independiente .....	106
Figura 36: Gráfica comparativa Pres y Pos - Test de Eficiencia, Eficacia y Productividad.....	107
Figura 37: Gráfica de cumplimiento de mantenimiento periódico.....	118
Figura 38: Gráfica de Índice de Fiabilidad .....	119
Figura 39: Gráfica de Tiempo Producción .....	120
Figura 40: Gráfica de Cumplimiento de Producción.....	121

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A, Callao, 2019”, tiene por objetivo determinar de qué manera la implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A.

El diseño que se desarrollará en la investigación será explicativo con un modelo cuasi experimental, debido a la manipulación deliberada de la variable independiente, Mantenimiento Preventivo, para medir la consecuencia que esta tiene sobre la variable dependiente, Productividad. La población estudiada fue tomada desde la quincena del mes de abril del 2019, en base a la producción diaria de piezas mecánicas del área de mecanizado, dando a conocer de esta manera una situación actual y posterior a la implementación del mantenimiento preventivo para la empresa Servicios Mineros S.A. La técnica empleada para el desarrollo, fue la observación y el instrumento adecuado para la recolección de datos fue el cronometro, posteriormente se ejecutó la implantación del mantenimiento preventivo para finalmente evaluar el impacto respecto a la productividad. Las herramientas utilizadas en este proyecto, nos ha dado lugar a llegar a los objetivos, como la elaboración de formatos, tomas de inventario, clasificación de equipos e indicadores de producción, se contó con el apoyo de los colaboradores del área, y se desarrolló capacitación en conjunto con RRHH de la empresa desde que inicio del proyecto.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa Microsoft Excel y el SPSSV.20 de manera descriptiva e inferencial utilizándose tablas y gráficos lineales. Así mismo para validar o contrastar la hipótesis se realizó la prueba de kolmogorov por que la muestra e mayor a 60, donde se determino

Finalmente se aceptó la hipótesis de investigación y se concluyó que al aplicar el mantenimiento preventivo se logró aumentar la productividad del área de mecanizado en la empresa SERVICIOS MINEROS S.A.

**Palabras clave:** Mantenimiento Preventivo, Mecanizado, productividad, eficiencia, eficacia.

## **ABSTRACT**

This research entitled “Implementation of preventive maintenance to improve productivity in the machining area of the company Servicios Mineros SA, Callao, 2019”, aims to determine how the implementation of preventive maintenance increases productivity in the machining area of the company Servicios Mineros SA

The design that will be developed in the investigation will be explanatory with a quasi-experimental model, due to the deliberate manipulation of the independent variable, Preventive Maintenance, to measure the consequence that it has on the dependent variable, Productivity. The population studied was taken from the fortnight of the month of April 2019, based on the daily production of mechanical parts of the machining area, thus announcing a current situation and subsequent to the implementation of preventive maintenance for the company Services Mineros SA The technique used for development was observation and the appropriate instrument for data collection was the chronometer, then the implementation of preventive maintenance was executed to finally assess the impact on productivity. The tools used in this project have led us to reach the objectives, such as the development of formats, inventory shots, classification of equipment and production indicators, with the support of collaborators in the area, and training was developed in conjunction with the company's HR since the beginning of the project.

Finally, the research hypothesis was accepted and it was concluded that by applying preventive maintenance, the productivity of the machining area in the company SERVICIOS MINEROS S.A. was improved.

**Keywords:** Preventive Maintenance, Machining, productivity, efficiency, effectiveness.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Realidad Problemática

### Internacional

El sector metalmecánico es un sector con infinidad de oportunidades para generar desarrollo, riqueza, empleo y bienestar, por ello en la actualidad la industria metalmecánica viene siendo uno de los sectores con mayor crecimiento en cuanto a la productividad, se ha logrado manifestar como una de las principales actividades económicas a nivel internacional. De esta manera se viene manteniendo en un buen camino respecto a su desarrollo internacional ya que esta industria es una pieza elemental en el soporte productivo de cualquier nación, además de su tecnología y valor agregado, también posee conexión con diferentes sectores industriales.

La gran mayoría de países, ya sean las grandes potencias o países subdesarrollados, cuentan con sectores metalmecánicos bien establecidos, estos países buscan día a día implementar nuevas políticas de mejora para alcanzar el alto nivel productivo y competitivo que este sector ya ha ganado.

Hoy en día para impulsar el desarrollo, la competitividad internacional y para aumentar su productividad, que es lo más buscan las empresas de este sector, se están tomando medidas correctivas enfocadas en las áreas con mayor índice de ineficiencia productiva, una de ellas esta enfocar en el mantenimiento.

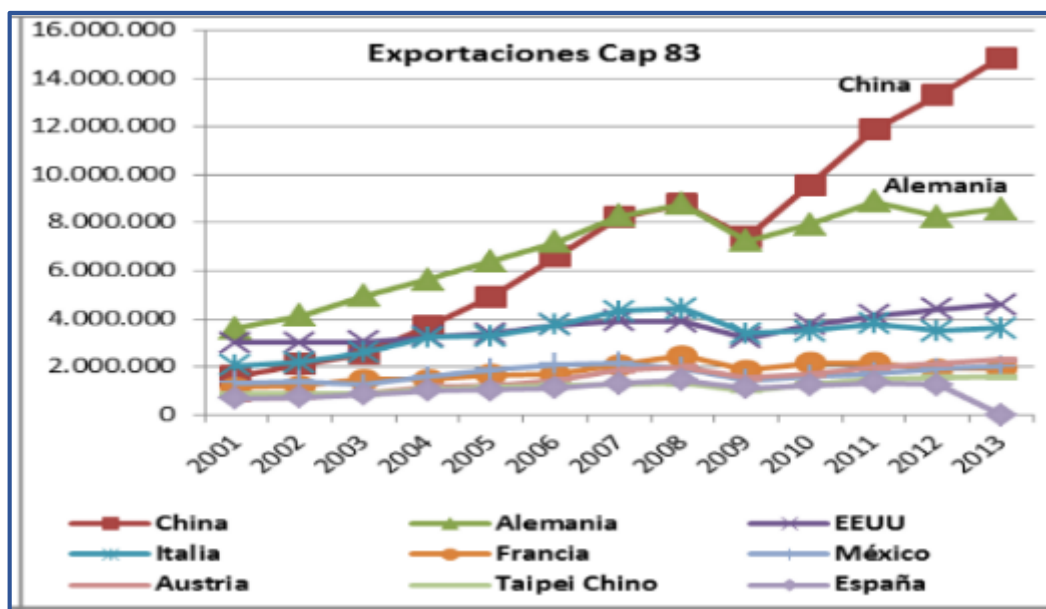


Figura 1: Exportaciones Metalmecánica (miles de dólares)



En la figura N°1, se puede observar la situación de la industria metalmeccánica en el rubro de manufacturas (diversidad de metales comunes), donde se tomaron nueve países que representan la gran parte de la oferta mundial, destacando de estos, las exportaciones de Alemania y China.

## Nacional

La actividad metalmeccánica peruana es uno de los sectores industriales que ha venido generando un gran valor agregado a la industria nacional. Por ello es necesario mejorar la productividad a través del mantenimiento de sus equipos, invirtiendo en un plan de mantenimiento preventivo y radicando la idea que manifiesta que el mantenimiento solo involucra armar, desarmar y cambiar componentes, de esta manera la productividad de este sector en el país mejorara cada año.

En el Perú según la sociedad nacional de industria (SNI) (2018), la industria metalmeccánica creció 10,2% entre enero y octubre del 2018, generado por las exportaciones de productos metalmeccánicos dando un valor total equivalente a US\$ 486 millones.

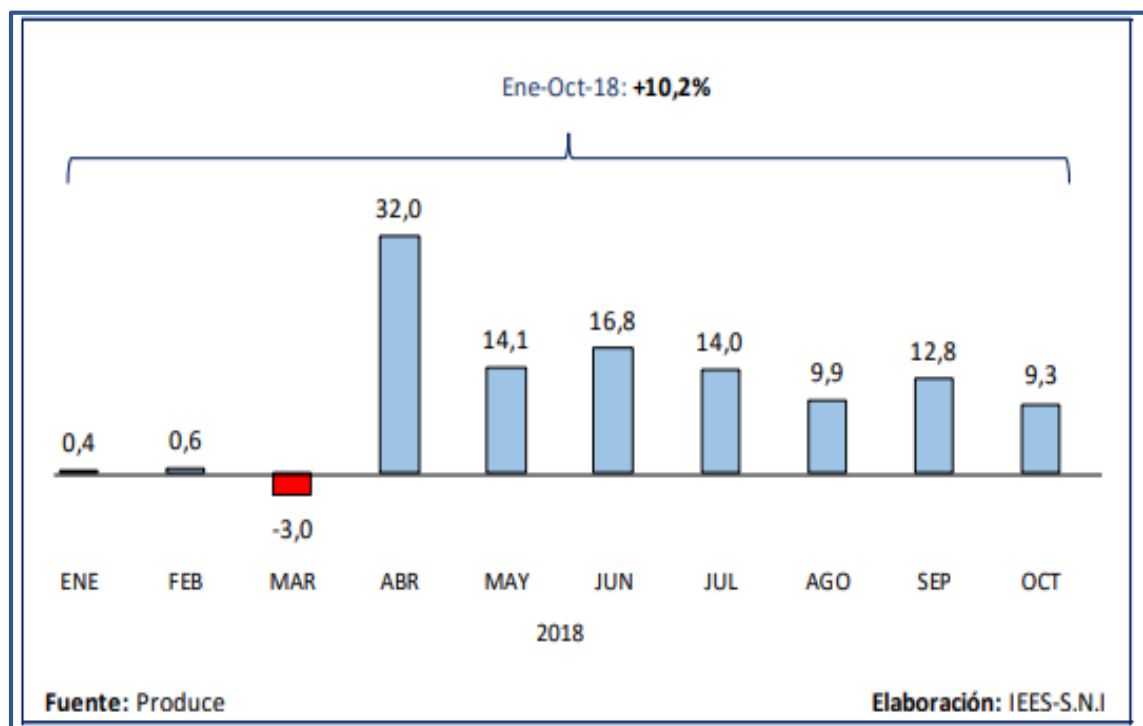


Figura 2: Producción Industrial del Sector Metalmeccánica, Enero-Octubre 2018 (Variación porcentual)

En la figura N°2, se puede apreciar la industria metalmeccánica desde enero a octubre del 2018 con un incremento en su productividad de +10,2%, como ya se ha mencionado, pero

no todas sus actividades destacan la mayor productividad, entre las actividades más potentes se encuentran: producción de motores, generadores, transformadores (132.8%), entre otras y llegando a la producción de pilas y baterías (3.9); y por lo contrario la rama de fabricación de maquinaria para minerías registro un deterioro en su productividad -10,1%.

### **Local**

En el ámbito local, Servicios Mineros S.A., es una empresa peruana del rubro Metalmecánico que se dedica a la fabricación y servicio de maquinarias - equipos para el transporte sobre rieles, tanto en la industria minera como de la construcción y ferrocarriles. En estos últimos años tuvo un crecimiento muy importante en empresas afines al rubro, que lo posicionó como una de las empresas que lideran este sector, generando la satisfacción de las necesidades de sus clientes, sin embargo, la baja productividad generada por la falta de un mantenimiento preventivo de las maquinas principales del área de mecanizado, ha generado, descontentos con cierto grupo de clientes, debido a los retrasos de entregas de pedidos, como también a generando costos agregados a los procesos productivos por mantenimiento a las maquinarias, los cuales produjeron una disminución considerable de la utilidad de la empresa.

La problemática de esta empresa se resume en la baja productividad en el área de mecanizado debido a los siguientes problemas que representaremos a continuación en el diagrama de Ishikawa, cabe mencionar que para la identificación de estos problemas se utilizó una técnica (observación) y un instrumento (ficha de observación).

## FICHA DE OBSERVACIÓN

**NOMBRE DE LA EMPRESA:** SERVICIOS MINEROS S.A

**ÁREA OBSERVADA:** ÁREA DE MECANIZADO

**EVALUADOR:** ANGELES HUANGAL YESSSENIA  
BALDEON COCA JULIO

**FECHA DE OBSERVACIÓN:** 15 DE ABRIL DEL 2019

**OBJETIVO:** Observar y evaluar los principales problemas en el area de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A

N° ORDEN	LISTA DE CAUSAS
1	Falta de estandarización de los procesos
2	Ambiente de trabajo inadecuado
3	Lugar de trabajo desordenado
4	<b>Mala utilización de repuestos</b>
5	Falta de guardas de protección
6	<b>Baja iluminación y ventilación</b>
7	Falta de control de calidad de los procesos terminados
8	Falta de control de productos terminados
9	Excesivo mantenimiento correctivo
10	<b>Política de mantenimiento preventivo inexistente</b>
11	Demoras en encontrar las cosas
12	<b>Flujo grama de procesos de mantenimiento inexistente</b>
13	Alto porcentaje de tardanzas y ausentismos
14	<b>Manipulación incorrecta de las maquinas</b>
15	Falta de compromiso del personal
16	Duplicidad de funciones
17	Desconocimientos de procedimientos
18	<b>No se sigue un plan de mantenimiento preventivo</b>
19	Excesiva carga de trabajo
20	<b>Los operarios no reportan las fallas presentes en el área</b>
21	Elevado % de mantenimientos correctivos
22	<b>Equipos de medición en mal estado</b>
23	Falta de capacitación técnica
24	Repuestos fuera de medidas
25	<b>Inexistencia de formatos para el reporte de fallas o averías</b>
26	Información cargada en el sistema desactualizado
27	<b>Herramientas inadecuadas para el área de mecanizado</b>
28	Elevado % de cambio de repuestos
29	<b>Personal técnico no capacitado</b>
30	Falta de instructivo a detalle por máquina
31	<b>No cuentan con un programa de Capacitación sobre mantenimiento</b>
32	Falta de instrumentos de medición
33	<b>Inadecuado control en la calibración de los equipos</b>
34	Inadecuado uso de instrumentos de medición
35	<b>Repuestos de Baja Calidad</b>
36	Falta de base de datos de mantenimiento
37	<b>No hay registro de control de mantenimiento preventivo</b>
38	<b>No existe un orden y limpieza adecuada</b>

Figura 3: Ficha de observación de datos tomados de SERMINSA.

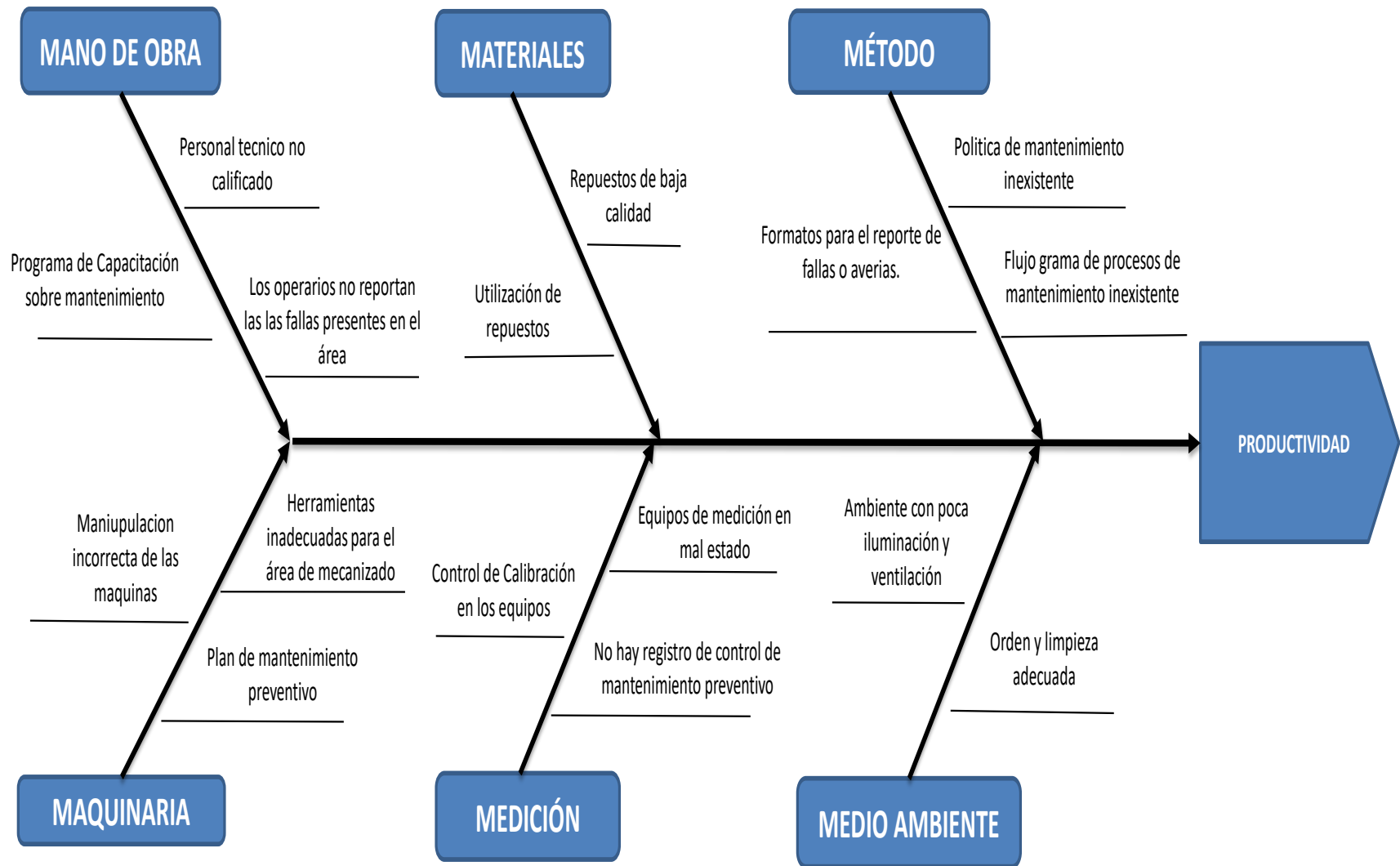


Figura 4: Diagrama Ishikawa de Servicios Mineros S.A., 2019.

En el diagrama de Ishikawa (Figura N° 4), se puede observar que el principal problema presente en el área de mecanizado es la baja productividad y sus causas que la provocan están divididas en 6 categorías, las seis M's, las cuales son: mano de obra, materiales, método, maquinaria, medición y medio ambiente, las síntesis de las causas se presentaran en la siguiente tabla.

**Tabla 1:** *Causas Principales*

<b>CÓDIGO</b>	<b>CAUSAS PRINCIPALES</b>
<b>C1</b>	Personal técnico no calificado
<b>C2</b>	Programa de Capacitación sobre mantenimiento
<b>C3</b>	Los operarios no reportan las fallas presentes en el área
<b>C4</b>	Mala utilización de repuestos
<b>C5</b>	Repuestos de baja calidad
<b>C6</b>	Inexistencia de formatos para el reporte de fallas o avería.
<b>C7</b>	Política de mantenimiento preventivo inexistente
<b>C8</b>	Organigrama de mantenimiento inexistente
<b>C9</b>	Manipulación incorrecta de las maquinas
<b>C10</b>	Herramientas inadecuadas para el área de mecanizado
<b>C11</b>	No se sigue un plan de mantenimiento preventivo
<b>C12</b>	Inadecuado control en la calibración de los equipos
<b>C13</b>	Equipos de medición en mal estado
<b>C14</b>	No hay registro de control de mantenimiento preventivo
<b>C15</b>	Ambiente con poca iluminación y ventilación
<b>C16</b>	No existe un orden y limpieza adecuada

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1, podemos apreciar una lista de 16 causas principales que obtuvimos del Diagrama de Ishikawa. Para un mejor análisis más meticuloso en cuanto a las diferentes problemáticas se da la aplicación del diagrama de correlación y Pareto respectivamente.

Según Pedroza, H. (2011), indica que “El análisis de correlación se realiza para medir el grado de asociación entre dos variables dependientes una de la otra. (p. 97).

**Tabla 2: Matriz de Correlación de Problemas**

CÓDIGO	CAUSAS PRINCIPALES QUE ORIGINAN LA BAJA PRODUCTIVIDAD	CAUSA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	PUNTAJE	%
C1	Personal tecnico no calificado	C1		0	1	1	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	1	8	5.0%
C2	No cuentan con un programa de Capacitación sobre mantenimiento	C2	2		1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	2	9	5.7%
C3	Los operarios no reportan las fallas presentes en el área	C3	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	11	6.9%
C4	Mala utilización de repuestos	C4	0	0	0		0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0	5	3.1%
C5	Repuestos de baja calidad	C5	0	0	0	0		0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	4	2.5%
C6	Inexistencia de formatos para el reporte de fallas o averías	C6	0	1	3	0	0		1	1	3	3	1	1	1	3	0	0	18	11.3%
C7	Política de mantenimiento preventivo inexistente	C7	1	1	1	1	1	1		1	1	0	1	1	0	1	0	1	12	7.5%
C8	Organigrama de mantenimiento inexistente	C8	1	2	2	2	2	3	2		1	1	3	1	0	2	0	2	24	15.1%
C9	Manipulación incorrecta de las maquinas	C9	0	0	0	1	0	0	0	0		2	0	1	1	0	0	2	7	4.4%
C10	Herramientas inadecuadas para el área de mecanizado	C10	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	1	2	0	0	1	4	2.5%
C11	No cuenta con un plan de mantenimiento preventivo	C11	1	3	3	1	1	3	2	2	1	0		3	1	3	0	2	26	16.4%
C12	Inadecuado control en la calibración de los equipos	C12	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0		0	0	0	0	3	1.9%
C13	Equipos de medición en mal estado	C13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0		0	0	0	3	1.9%
C14	No hay registro de control de mantenimiento preventivo	C14	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	2	2	1		0	0	15	9.4%
C15	Ambiente con poca iluminación y ventilación	C15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0		1	3	1.9%
C16	No existe un orden y limpieza adecuada	C16	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	2	1	1		7	4.4%
TOTAL																			159	100%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2, Matriz de correlación podemos comparar causa – efecto de diferentes variables asociadas a una problemática y determinar los problemas con más relevancia, para ello le damos un criterio de clasificación de 0 a 3, ponderándolas con 0 si no existe relación, 1 si tiene una relación de causalidad débil, 2 si posee una relación de causalidad media y 3 si posee una relación de causalidad

fuerte. Se obtuvo que C11, posee mayor valor en relación con las demás causas con un puntaje de 26 y representando el 16.4% del total.

Para elaborar el diagrama de Pareto se ha extraído las causas del Ishikawa y con respecto a las cantidades de frecuencias ocurridas en el área de mecanizado se tomaron los votos de los trabajadores de dicha, siendo estimadas en un tiempo de 30 días.

**Tabla 3:** *Diagrama de Pareto de los problemas de Servicios Mineros S.A., 2019.*

CÓDIGO	CAUSAS PRINCIPALES	F	F(a)	%	% ACUMULADO
C11	No cuenta con un plan de mantenimiento preventivo	30	30	18.3%	18.3%
C8	Organigrama de mantenimiento inexistente	30	60	18.3%	36.6%
C6	Inexistencia de formatos para el reporte de fallas o averías	30	90	18.3%	54.9%
C14	No hay registro de control de mantenimiento preventivo	30	120	18.3%	73.2%
C3	Los operarios no reportan las fallas presentes en el área	16	136	9.8%	82.9%
C7	Política de mantenimiento preventivo inexistente	5	141	3.0%	86.0%
C16	No existe un orden y limpieza adecuada	5	146	3.0%	89.0%
C9	Manipulación incorrecta de las maquinas	5	151	3.0%	92.1%
C2	No cuentan con un programa de Capacitación sobre mantenimiento	5	156	3.0%	95.1%
C1	Personal técnico no capacitado	5	161	3.0%	98.2%
C10	Herramientas inadecuadas para el área de mecanizado	3	164	1.8%	100.0%
C5	Repuestos de baja calidad	0	164	0.0%	100.0%
C4	Mala utilización de repuestos	0	164	0.0%	100.0%
C12	Inadecuado control en la calibración de los equipos	0	164	0.0%	100.0%
C13	Equipos de medición en mal estado	0	164	0.0%	100.0%
C15	Ambiente con poca iluminación y ventilación	0	164	0.0%	100.0%
		164		100%	

Fuente: Elaboración propia

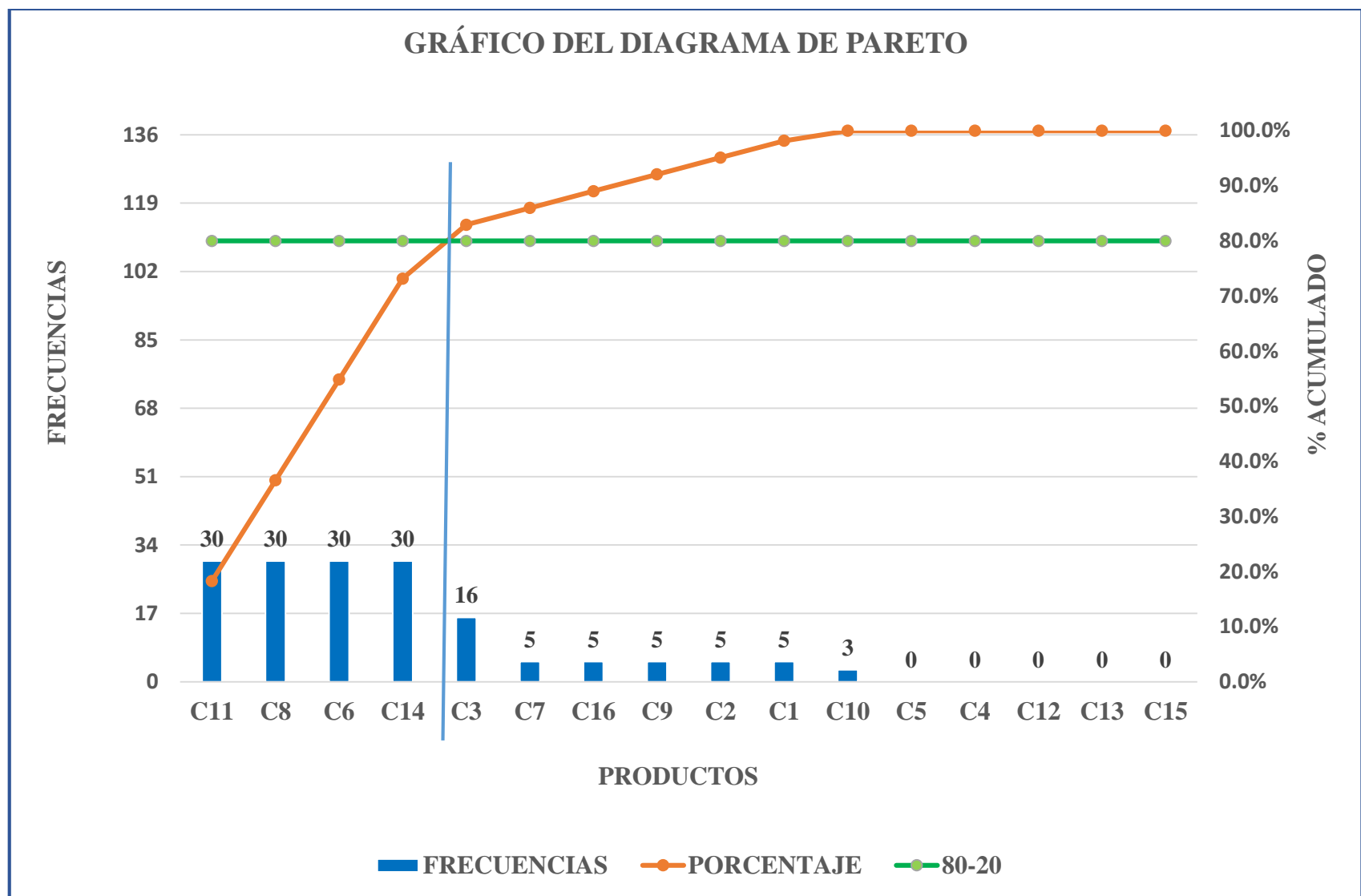


Figura 5: Gráfico del Diagrama de Pareto



Según GUTIERRES (2014), “El diagrama de Pareto, es una representación gráfica de todos los datos que manifiesta un problema, el campo de análisis o aplicación son las variables o datos categóricos y su objetivo es ayudar a identificar los aspectos prioritarios o los problemas vitales, (causas más importantes) que hay que tratar.” (p.193)

Al haber realizado el análisis de Pareto, observamos que los 4 primeros problemas más relevantes que afectan la productividad en el área de mecanizado son: No cuenta con un mantenimiento preventivo, organigrama de mantenimiento inexistentes, inexistencia de formatos para el reporte de averías o fallas y no hay registro de control de mantenimiento preventivo; a su vez estos revelan aproximadamente el 20% de las causas totales, pero representan el 80% del problema de esta área. La implementación servirá como herramienta para mejorar la productividad en la empresa, para lo cual es muy importante destinar los medios y recursos necesarios para reducir considerablemente los problemas mencionados en la Tabla N°1.

A continuación, en tabla N° 4 y 5 se realiza la Estratificación de problemas y las frecuencias de estas mismas, que nos permite ver las tendencias de los macro-procesos y pasar de lo general a particular para el análisis de un problema, se tomara en cuenta el Área administración, producción, mantenimiento y Área de Almacén. Se agrupará por áreas para su mejor identificación en cuanto al grado de afectación. En la Figura N°6 representamos esta estratificación en barras.

**Tabla 4: Estratificación de problemas**

CÓDIGO	CAUSAS PRINCIPALES	PUNTAJE	CATEGORÍA
C11	No cuenta con un plan de mantenimiento preventivo	26	MANTENIMIENTO
C8	Organigrama de mantenimiento inexistente	24	MANTENIMIENTO
C6	Inexistencia de formatos para el reporte de fallas o averías	18	MANTENIMIENTO
C14	No hay registro de control de mantenimiento preventivo	15	MANTENIMIENTO
C7	Política de mantenimiento preventivo inexistente	12	MANTENIMIENTO
C3	Los operarios no reportan las fallas presentes en el área	11	MANTENIMIENTO
C2	No cuentan con un programa de Capacitación sobre mantenimiento	9	ADMINISTRACIÓN
C1	Personal tecnico no calificado	8	ADMINISTRACIÓN
C9	Manipulación incorrecta de las maquinas	7	PRODUCCIÓN
C16	No existe un orden y limpieza adecuada	7	MANTENIMIENTO
C4	Mala utilización de repuestos	5	ALMACEN
C5	Repuestos de baja calidad	4	ADMINISTRACIÓN
C10	Herramientas inadecuadas para el área de mecanizado	4	PRODUCCIÓN
C12	Inadecuado control en la calibración de los equipos	3	PRODUCCIÓN
C13	Equipos de medición en mal estado	3	PRODUCCIÓN
C15	Ambiente con poca iluminación y ventilación	3	PRODUCCIÓN

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5:** *Frecuencia de Categorías*

CATEGORÍA	FRECUENCIA	% TOTAL
ADMINISTRACIÓN	21	13%
ALMACÉN	5	3%
MANTENIMIENTO	113	68%
PRODUCCIÓN	27	16%
<b>TOTAL</b>	<b>166</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

Luego de la presentación de las tablas (N°4 y N°5), podemos observar que el área de administración posee una suma de 21 de frecuencia con un porcentaje de 13%, luego se tiene el área de almacén con una suma total de 5 en cuanto a su frecuencia y 3% en porcentaje, seguido de esto está el área de mantenimiento el cual influye con la mayor cantidad de causas poseyendo una suma total de 113 de frecuencia y 68% de porcentaje y por ultimo tenemos el área de producción con una suma de 27 de frecuencia y un 16% de porcentaje, con esto se concluye que la baja productividad nace en el área de mantenimiento siendo esta el área en la cual se tiene que trabajar más para reducir las causas que afectan la productividad de la empresas Servicios Mineros S.A.

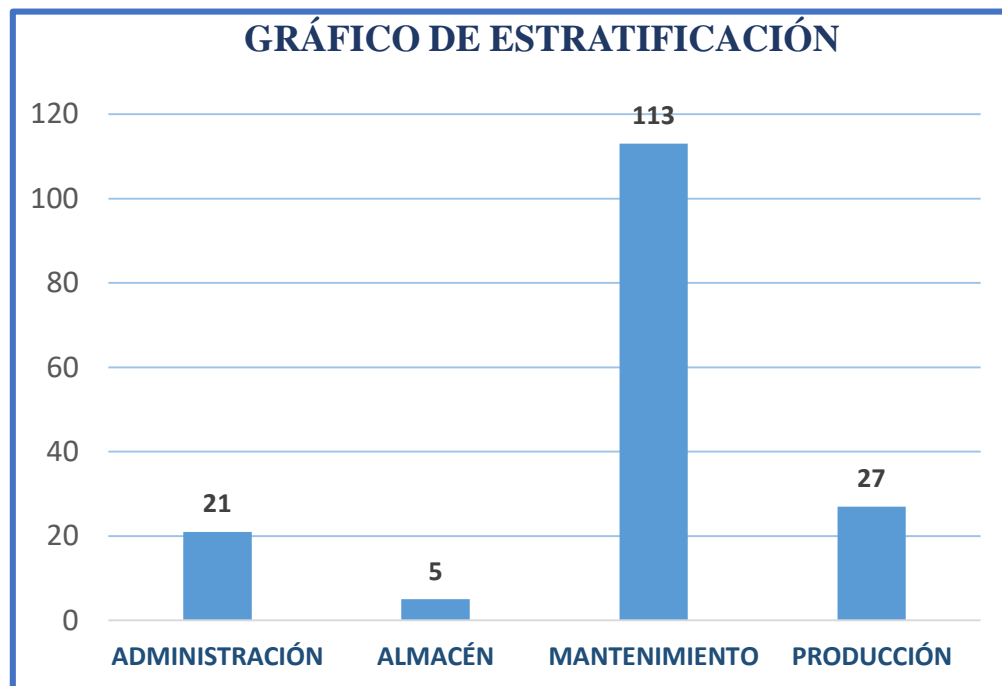


Figura 6: Gráfico Estratificación de Problemas Principales

En la figura N°6, se representa gráficamente la tabla de estratificación evidenciando que el problema de la baja productividad radica en la categoría de mantenimiento, según lo observado es aquí donde se manifiesta la mayor cantidad de causas que se tienen que solucionar. Por lo tanto, es importante identificar estrategias para dar solución a la categoría ya mencionada, entonces se procederá a presentar un cuadro de alternativas de solución tomando en cuenta los criterios relacionados a esta problemática que se presenta en la empresa Servicios Mineros S.A.

**Tabla 6:** *Alternativas de Solución*

ALTERNATIVAS	CRITERIOS				TOTAL
	SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA	COSTO DE APLICACIÓN	TIEMPO DE APLICACIÓN	FACILIDAD DE APLICACIÓN	
GESTIÓN DE PERSONAL	3	3	2	1	9
5'S	3	1	1	1	6
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	5	3	4	4	<b>16</b>
MANT. PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	5	2	2	2	11
Muy buena (5), Buena (4), Regular (3), Mala (2), Muy mala (1)					
Este ítem se considera en cuanto a los criterios establecidos (problemática, costo, tiempo, facilidad)					

Fuente: Elaboración propia

Se puede verificar en la Tabla N°6, las alternativas de solución y algunos criterios importantes a considerar, esto con el fin de determinar que alternativa es la mejor opción para atacar las causas presentes en el área de mecanizado de la ya mencionada empresa.; según se puede observar, la alternativa que posee mayor valor total, es el Plan de Mantenimiento Preventivo con un valor de 16, seguido por el mantenimiento productivo total con un valor de 11, la Gestión de personal con un valor de 9, y finalmente las 5'S con un valor de 6.

De la misma manera, se procede a realizar la matriz de priorización para determinar la mejor alternativa de solución

**Tabla 7: Matriz de priorización**

CONSOLIDACIÓN DE CAUSAS POR ÁREAS	MANO DE OBRA	MATERIALES	MÉTODO	MAQUINARIA	MEDICIÓN	MEDIO AMBIENTE	NIVEL DE CRITICIDAD	TOTAL DE PROBLEMAS	TASA % DE PROBLEMAS	IMPACTO	CALIFICACIÓN	PRIORIDAD	MEDIDAS A TOMAR
ADMINISTRACIÓN	1	1	1	0	0	0	BAJO	3	19%	4	12	3	GESTIÓN DE PERSONAL
ALMACÉN	0	1	0	0	0	0	MEDIO	1	6%	5	5	2	5'S
MANTENIMIENTO	2	0	3	1	0	1	ALTO	7	44%	10	70	1	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PRODUCCIÓN	1	1	0	1	1	1	MEDIO	5	31%	6	30	2	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)
TOTAL	4	3	4	2	1	2		16	100%				

NIVEL DE PRIORIDAD	
1	PRIORIDAD ALTA
2	PRIORIDAD MEDIA
3	PRIORIDAD BAJA

NIVEL DE CRITICIDAD	
1	BAJO
2	MEDIO
3	ALTO

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°7 se aprecia la matriz de priorización en la cual se toma en cuenta la consolidación de las causas por diferentes áreas (administración, almacén, mantenimiento y producción), el nivel de criticidad de las mismas, el impacto que será ponderado del 1 al 10, donde 1 indica poco impacto y 10 mucho impacto, la prioridad, la cual será considerada de 1 a 3, donde 1 significa mayor prioridad, 2 prioridad intermedia y 3 menor prioridad y por último se toma en cuenta las medidas a tomar para la solución de los problemas de mantenimiento, siendo en este caso el mantenimiento preventivo la mejor alternativa de solución para eliminar las causas que están originando la baja productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A.

## 1.2. Trabajos Previos

### Nacionales

VASQUEZ, Julio. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo eléctrico para mejorar la productividad de la máquina desmoldeadora en la empresa FUNVESA, Callao 2018, Tesis (Ingeniero Industrial) Universidad Cesar Vallejo. Callao-Perú (2018). La presente

investigación tuvo como objetivo realizar una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo al sistema eléctrico para la maquina desmoldeadora en la empresa FUNSEVA, Callao 2018, que permita mejorar la productividad. El tipo de investigación empleada en esta tesis fue explicativa-cuantitativa con un diseño experimental, longitudinal, la población estudiada estuvo conformada por 35 trabajadores del área de moldeo siendo sujeto de estudio la maquina delmoldeadora, con un periodo de tiempo de estudio de 24 semanas antes y después como muestra. Con esto se concluyó que, con la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo eléctrico, la productividad logro manifestar un incremento en un 21.66%, de tal manera la eficiencia de la maquina a mejorar (maquina desmoldeadora) mejoro en un 24.67% y su eficacia en un 12.16%.

REYES, Edgar. Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en el centro de beneficiado de aves Chimú Agropecuaria. Tesis (Ingeniero Industrial) Universidad privada del norte. Trujillo-Perú (2017). La investigación tuvo como objetivo general precisar en cuánto reduce los costos operativos en el centro de beneficiado de aves chimú agropecuaria, con la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo. El tipo de investigación de esta tesis fue aplicada, con un diseño pre-experimental, la población estudiada estuvo constituida por 85 equipos con una muestra de reportes de costo de mantenimiento de 8 equipos. Así el autor concluye que con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se adquirió un beneficio en los costos de repuestos de s/ 16,444, se incrementó la disponibilidad de los equipos en un 6%, con respecto a la mano de obra se logró un beneficio de s/14,288 y se obtuvo un beneficio del 14% en el costo operativo total.

GONZALES, Jorge. Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa LATERCER S.A.C. Tesis (Ingeniero Industrial) Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo-Perú (2016). Propone como objetivo general elaborar una propuesta sobre un mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción de la empresa latercer S.A.C. El cual consistía en la propuesta un programa de mantenimiento con una tarjeta de activo de los equipos, en donde se describían las características técnicas de mayor relevancia, como también sus respectivos puntos de mantenimiento. La presente investigación logro desarrollar un programa de mantenimiento preventivo, que garantice la confiabilidad, la seguridad en el funcionamiento de los equipos y el aumento de la capacidad de los mismos para que puedan operar sin producir daños

materiales, de esta manera logro aumentar la producción por cada tipo de ladrillo en un promedio de 12%.

CAYCHO, Gloria. Implementación de un sistema de incentivos para la mejora de la productividad en una empresa de confecciones textil. Tesis (Ingeniero Industrial) Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú (2017). Esta tesis tiene como objetivo conocer en qué medida la implementación de un sistema de incentivos contribuye en la mejora de la productividad en la empresa de confecciones textil. La presente investigación es de tipo cuantitativa, debido a la recolección de datos que usa para la prueba de hipótesis, con respecto a su diseño es pre experimental. Como conclusión y resultado se obtuvo un aumento de la eficiencia del área de planchado en un 31.33%, mejorando de esta manera la productividad a través de la implementación del sistema de incentivos, pues la productividad aumento de 0.77 prendas por hora a 1.28 prendas por hora, obteniendo así un resultado favorable para la empresa.

ALTAMIRANO, Yosán y ZAVALA, Máximo. Plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejora de la productividad en la empresa NAYLAMP. Tesis (Ingeniero Industrial) Universidad Señor de Sipán. Chiclayo-Perú (2016). La presente investigación tuvo como objetivo, establecer un plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en la empresa NAYLAMP. El tipo de investigación fue aplicada-descriptiva, con un diseño no experimental, la población estudiada fue de 39 equipos que intervienen en el proceso productivo con una muestra no probabilística. En esta tesis los investigadores lograron establecer un plan de gestión de mantenimiento preventivo con el cual mejoraron el proceso, incrementando la producción de la planta de 267 L/ TON de melaza a 271,5 L/TON de melaza, de esta manera la productividad aumento de 400 550,67 litros/mes a 407 208 litros/mes, esto quiere decir que, al mejorar el mantenimiento de la industria, se logra mejorar el proceso de fabricación de etanol, mejorando así la productividad de la empresa NAYLAMP.

### **Internacionales**

NALLUSAMY, S. y ADIL AHAMED, M. Implementation of Lean Tools in an Automotive Industry for Productivity Enhancement - A Case Study. Revista Internacional de Investigación en Ingeniería en África (Departamento de Ingeniería Mecánica) Instituto de Investigación y Educación G R, Chennai. Tamilnadu-India (2017). El objetivo de esta investigación fue analizar, identificar y eliminar las actividades que no poseen valor

agregado, mediante el empleo de la herramienta lean como 5S, VSM y balanceo de líneas en una industria manufacturera para acceder a una mejora en la productividad. En cuanto al tipo de investigación se basó en el concepto de lean, comenzando con el mapeo de la cadena de valor, luego se empleó la herramienta 5s, de esta misma manera se analizó el tiempo y los desperdicio mediante la simulación utilizando el software arena. Los autores concluyen la investigación manifestando que con la implementación de herramientas lean se podría reducir el tiempo sin valor agregado en un 13% y podría incrementar la eficiencia del ciclo del proceso en un 10%. De esta manera validar la efectividad de los principios lean.

GARCÉS, Luis. Mejoramiento de la productividad de la línea de extrusión de la empresa Cedal, empleando la metodología Six Sigma. Tesis (Magíster en ingeniería industrial y productividad) Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador (2016). El objetivo de esta tesis fue determinar en cuanto la metodología Six Sigma mejora la productividad en el proceso de extrusión en la empresa Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. Cedal, la metodología usada por esta tesis consiste en minimizar y controlar la variabilidad del proceso mediante la implementación de diversas herramientas empleadas para la mejora continua, para ello se empleó el desarrollo de las cinco fases importantes de la metodología Six Sigma, como son: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAMC). La investigación fue descriptiva-cuantitativa, analizando la situación actual del proceso de extrusión a través de cuatro indicadores claves de desempeño. El autor concluyo la investigación obteniendo una mejora en el indicador de desempeño (indicador que mide la cantidad de rechazo) de 5.64% en el mes de junio del 2015 a 23.4%. En el 2016, disminuyendo este a 4.32% a finales del 2015. Accediendo de esta manera a una mejora en la productividad luego de la implementación de las fases DMAMC.

BUELVAS, Camilo y MARTINEZ, Kevin. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L & L. Tesis (Ingeniero Mecánico) Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla-Colombia (2014). La investigación tuvo como objetivo, elaborar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a la flota de vehículos tracto camiones de una empresa de transporte, con el fin de mejorar su desempeño operacional, procurando no hacer de lado todo lo relacionado a la seguridad y al impacto ambiental. En cuanto al tipo de investigación que se empleó, fue descriptiva, detallando cómo se utiliza la información del mantenimiento en esta empresa, se seleccionó una pequeña muestra de vehículos, como objeto de estudio a través de manuales, catálogos, etc.,

en los cuales se aplicó y se observó los resultados de efectividad (costes y disponibilidad) de este mantenimiento. Así mismo los autores concluyen que luego de emplear algunas actividades del plan durante tres meses, se evidencio una mejor disponibilidad de un 9%, lo que evidencia la efectividad de la propuesta. Se recuerda que los planes de mantenimiento necesitan un tiempo establecido para mostrar los resultados que se esperan.

ANGEL, Rafael y OLAYA, Héctor. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel. Tesis (Ingeniero Industrial) Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira-Colombia (2014). Esta investigación expresa como objetivo general, diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que intervienen en el sistema de producción de la empresa Agroangel. En cuanto a su tipo de investigación fue descriptiva. Se concluyó que con el plan de mantenimiento preventivo se puede garantizar una disposición correcta de la maquinaria y una disponibilidad de los equipos, además esta investigación permitió dar a conocer al personal que tan importante es la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la vida útil de las maquinarias, para lograr que estas mismas influyan de manera positiva en la productividad.

REY, Francisco. Elaboración y optimización de un plan de mantenimiento preventivo – Técnica industrial España (2014). El objetivo de esta investigación fue determinar los fallos potenciales, así como el análisis de modos de falla y efectos de falla (AMEF) de acuerdo al nivel de criticidad, para luego realizar un plan de mantenimiento preventivo enfocados en mejorar la productividad global hombre-máquina, disminuir las paradas debido a averías y mejorar el rendimiento del sistema de producción de motores. En cuanto al tipo de investigación fue explicativa, el investigador aplicó el plan de mantenimiento preventivo como herramienta para mejorar la productividad. El investigador concluye su investigación obteniendo los siguientes resultados, mejoró la productividad hombre-máquina en un 50%, disminuyó las paradas por averías en un 50% del promedio normal, como también disminuyó los costos de mantenimiento por unidad producida en un 30%.

### **1.3. Teorías Relacionadas**

#### **1.3.1 Variable Independiente: Mantenimiento preventivo**

##### **Definición**

JIMÉNEZ (2015) define el mantenimiento preventivo como “Una serie de actividades previamente programadas y realizadas por el equipo de mantenimiento con el fin de



conservar y mantener el buen funcionamiento de las maquina e instalaciones de la toda industria” (p.22).

Según CARCEL (2014) “El mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades programadas y planificadas, cuya finalidad es conservar la funcionalidad de los equipos, prolongando su vida útil” (p.112).

## Evolución del Mantenimiento

El mantenimiento manifiesta que ha tenido su evolución mediante tres etapas, en donde las dos primeras etapas los servicios de mantenimiento han pasado inadvertidos.

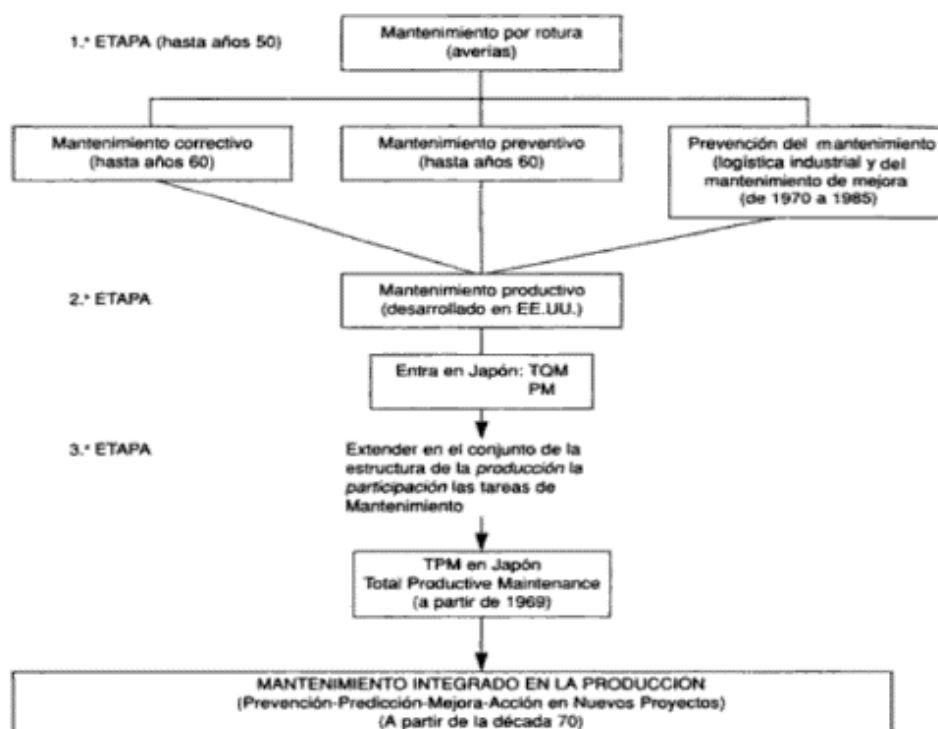


Figura 7: Evolución del Mantenimiento

SANCHEZ (2015) en la 1ra etapa, existía una organización y planificación mínima pues las paradas de los equipos productivos no tenían mucha importancia; en la 2da etapa, surge el concepto de mantenimiento preventivo y mantenimiento productivo, ya no era únicamente reparar los equipos sino también panificar y mejorar la productividad a través de las correctas acciones, finalmente en la 3ra etapa, Toyota y Japón partiendo del PM, evolucionan y mejoran los equipos involucrando a toda la organización (p.43).

## Tipos de Mantenimiento

Según JIMÉNEZ (2015) propone el siguiente Gráfico para localizar en mejor medida el mantenimiento preventivo, dentro de los tipos de mantenimiento

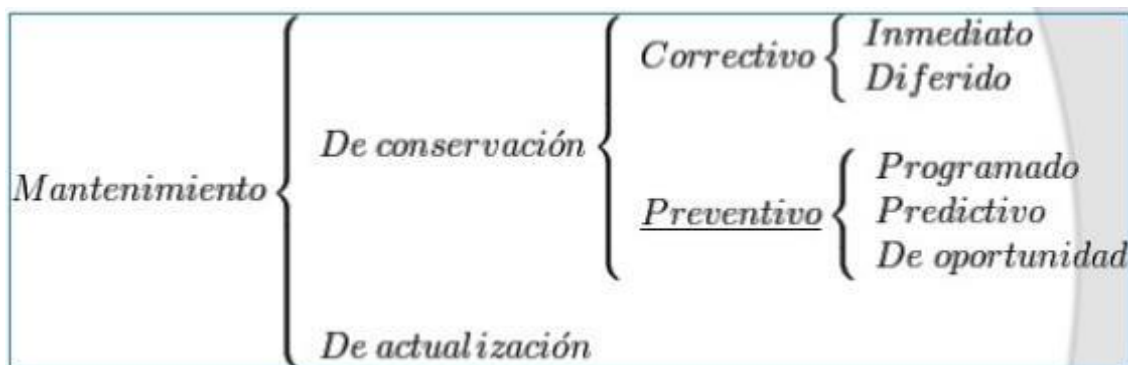


Figura 8: Tipos de Mantenimiento Preventivo

### a) Mantenimiento Correctivo de emergencia o no programado

Según IGLESIAS (2015) “Se aplica cuando aparece una avería imprevista que es necesario reparar la antes posible, con la urgencia adecuada, que nos obligan a actuar con rapidez para evitar daños materiales y/o humanos mayores. En esta situación la avería o falla puede producirse en cualquier momento, normalmente cuando se está en plena producción, generando perjuicio económico para la empresa” (p.10).

### b) Mantenimiento Preventivo

“El mantenimiento preventivo se puede definir como la continua inspección y reparación de manera planificada de toda máquina o equipo, antes de que estos se desgasten o produzcan averías” (REY, 2001, p.45).

De esta manera este tipo de mantenimiento se adelanta o predice todo tipo de fallas, mediante la supervisión regular, reparaciones, pruebas, etc.

El mantenimiento preventivo se puede realizar según distintos criterios y tomando en cuenta las recomendaciones del fabricante, de expertos y las acciones que son llevadas a cabo en el área o planta (SANCHEZ, 2015, p.85)

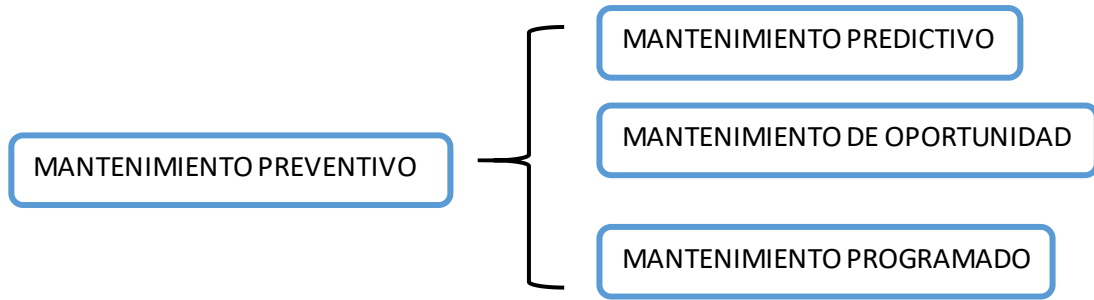


Figura 9: Mantenimiento Preventivo

#### **c) Mantenimiento Predictivo**

“Es aquel cuyo objetivo es determinar el estado de la instalación o parte de ella para presidir un posible fallo. Esto se aplica realizando un aserie de medidas o ensayos en la instalación” (NAVAS, 2015, p.166)

#### **d) Mantenimiento de Oportunidad**

Es aquel que se realiza aprovechando los momentos de inactividad de la maquina o equipo para hacer reparaciones de mantenimiento necesarias sin necesidad de parar su funcionamiento (SANCHEZ, 2015, p.85).

#### **e) Mantenimiento Programado**

En este tipo de mantenimiento las revisiones se realizan por algún concepto, puede ser por tiempo, por número de operaciones que una maquina lleva realizando, horas de funcionamiento, etc. (SANCHEZ, 2015, p.85).

### **Plan de Mantenimiento**

Es el conjunto de tareas, que es necesario realizar para recuperar las condiciones que se fueron perdiendo en una instalación, de tal manera que se pueda compensar el desgaste de la maquinaria o equipo, identificando las tareas que se tienen que llevar a cabo con el fin de evitar el surgimiento de problemas como, averías, fallas, etc. GONZALES (2013)

#### **Plan de Mantenimiento Preventivo**

“Un plan de mantenimiento preventivo (PMP) es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento programado que debemos realizar en una planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido” (GARCIA, 2014, p. 37).

Entre los conceptos básicos que sirven como inicio para la construcción de un plan de mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Disponer de datos necesarios.
- Establecer cómo y cuándo deben hacerse las inspecciones e intervenciones.
- Controlar la eficacia del servicio de mantenimiento a través de indicadores.
- Conocer el coste de mantenimiento y su repercusión en el presupuesto de la empresa, así como su evolución (REY, 2001, p.119).

### **Conceptos a tener en cuenta para la implementación del Mantenimiento Preventivo**

Es importante conocer cada actividad que se realizara para alcanzarla mejora planteada, de la misma manera mantener una revisión constante una vez que se hallan dado a conocer los programas, actividades, formatos y todo lo necesario para la implementación.

### **Importancia del Mantenimiento Preventivo**

Según HERNÁNDEZ (2015) “La importancia del mantenimiento preventivo consiste en la conservación total de todos los bienes que son involucrados en el sistema productivo, con el fin de conservarlos en las mejores condiciones de funcionamiento, con un buen nivel de confiabilidad, evitando cualquier tipo de inactividad inesperada y con la calidad y el menor costo posible. (p. 19).

### **Objetivos del Mantenimiento Preventivo**

Para GONZALES (2018) “El objetivo principal del mantenimiento preventivo es reducir la frecuencia de averías o incidencias en las instalaciones del edificio, industria o compañía” (p. 33).

### **Ventajas del Mantenimiento Preventivo**

Según, GARCÍA (2015) “Manifiesta que el mantenimiento preventivo con un buen plan traerá mayor utilidad y productividad a toda industria, dentro de las múltiples ventajas que se accede con el mantenimiento preventivo, se nombra las siguientes:

- Confiabilidad, trabajo de manera segura porque se conocerá el buen estado de funcionamiento de la máquina.
- Mejora de las condiciones de seguridad laborales.
- Aumento de la vida útil de las instalaciones.

- Mayor rendimiento de trabajadores y maquinas debido a la eliminación de tiempos muertos.
- Disminución de tiempos muertos, debido a la programación (hora, fecha, etc.) entre la producción y el área de mantenimiento, para efectuar el mantenimiento sin perjudicar a la producción.
- Disminución en los costes de reparación de averías (p.44)

### **Desventajas del Mantenimiento Preventivo**

Los principales inconvenientes serían:

- Los elementos son cambiados antes de que estos lleguen a su vida útil completa.
- Si no realiza una buena programación de operaciones y con una frecuencia óptima, con este tipo de mantenimiento se pueden aumentar los costes, así como la disminución del rendimiento de las maquinas o instalaciones (JIMÉNEZ, 2018, p.35).

### **Pasos para la implementación del mantenimiento preventivo**

**Tabla 8:** *Pasos para la implementación del mantenimiento preventivo*

IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
PASOS	1	Determinar metas y objetivos del mantenimiento
	2	Realizar un inventario de máquinas y equipos
	3	Codificación de las maquinarias y equipos
	4	Determinar la maquinaria y equipo a incluir en el mantenimiento
	5	Consultar los manuales de los equipos(Normas Técnicas)
	6	Elaborar formatos y actividades de mantenimiento
	7	Programación del mantenimiento
	8	Revisión y control del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

#### **1.3.1.1 Dimensiones del Mantenimiento Preventivo**

##### **Mantenimiento Periódico**

Es esencial para que los equipos, máquinas y entornos de trabajo sigan siendo seguros y fiables.

Según KANTI, Tina y CUDNEY, Elizabeth (2016). En su libro “*Total Productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide*”, manifiesta que: El mantenimiento periódico también se considera un mantenimiento basado en el tiempo. Se pueden requerir herramientas tales como unidades de reserva, repuestos, equipos de inspección, lubricantes e información técnica para realizar el trabajo (p.95).

Las operaciones, como sustitución de líquido, de filtro, limpieza, mediciones, etc., son efectuadas en intervalos establecidos de tiempo y recorrido. Esta dimensión está representada por el indicador:

$$CMP = \frac{MR}{MP}$$

Dónde:

CMP → Cumplimiento de mantenimiento periódico

MR → Mantenimiento Realizado

MP → Mantenimiento Planificado

### **Mantenimiento de Fiabilidad**

“La fiabilidad incide directamente en el mantenimiento de los sistemas. Por una parte, a mayor fiabilidad, menor mantenimiento correctivo necesario; por la otra, el mantenimiento preventivo mejora el nivel de la fiabilidad alcanzada en los sistemas operativos” (GARCIA, 2016, p.66)

$$IF = \left( \frac{TF}{TPA + TF} \right) \times 100\%$$

Dónde:

IF → Índice de fiabilidad

TF → tiempo de funcionamiento

TPA → Tiempo Promedio de averías

### 1.3.2 Variable Dependiente: Productividad

#### Productividad

“La productividad se mide por el cociente obtenido entre los resultados logrados y los recursos empleados; los primeros pueden medirse en utilidades o en unidades producidas, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por horas máquina, tiempo empleado, número de trabajadores, etc.” (GUTIÉRREZ, 2010, p.21)

$$PRODUCTIVIDAD = RESULTADOS LOGRADOS / RECURSOS UTILIZADOS$$

Otros autores definen “la productividad como una razón que va a calcular el nivel de aprovechamiento de todos los insumos que participan en el proceso productivo. El incremento de la productividad ocasiona que las industrias accedan a bajos costos de producción, obteniendo el incremento de su competitividad dentro del mercado” (CRUELLES, 2016, p.726).

$$PRODUCTIVIDAD = PRODUCCIÓN / INSUMOS$$

GUTIÉRREZ (2010) “La productividad está relacionada con los resultados que se obtienen en un proceso o sistema productivo, por lo que incrementar la productividad implica alcanzar mejores resultados teniendo en cuenta los recursos empleados para generarlos” (p.21)

$$PRODUCTIVIDAD = EFICIENCIA \times EFICACIA$$

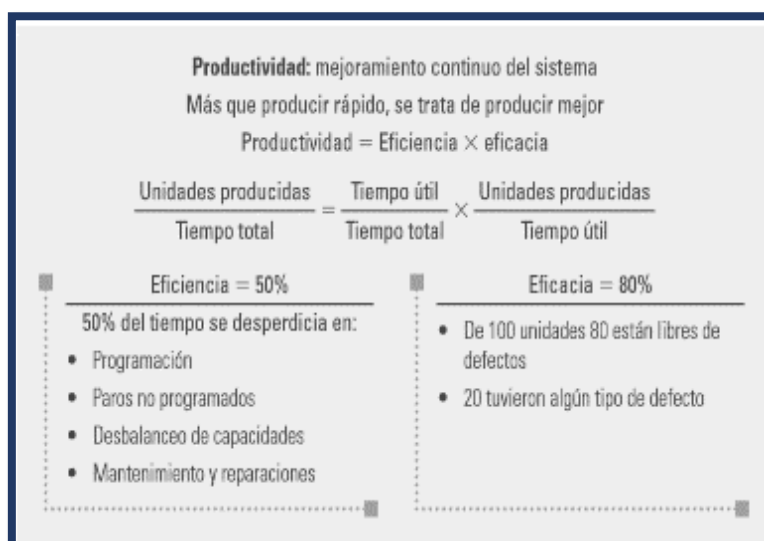


Figura 10: Componentes de la productividad

## **Tipos de productividad**

Existen diversos tipos de productividad en una empresa u organización, los cuales se deben dárseles uso dentro de la empresa y aprender a emplearlos de manera óptima, ya que servirán como apoyo para el desempeño de la industria, de ésta manera podrás alcanzar el éxito.

### **Productividad total**

Según CARRO y GONZALES (2012) menciona que “la productividad total es la relación entre todo lo producido y la suma de todos los recursos utilizados por un sistema” (p.3).

Este tipo de productividad se expresan en términos reales o físicos, convirtiéndolos en pesos constantes ya sea la producción como los insumos utilizados.

### **Productividad parcial**

“La productividad parcial, la medida de productividad que se usa con mayor frecuencia, compara la cantidad de producción elaborada con la cantidad de un insumo individual usado” (HOMGREN, Foster y DATAR, 2013, p.480)

Se refieren a todos los factores que influyen en ésta categoría en la cantidad producida con el uso adecuado de un solo tipo de insumo.

$$\text{Productividad} = \text{Producto Bruto Interno} / \text{Mano de Obra}$$

$$\text{Productividad} = \text{Producto Bruto Interno} / \text{Capital}$$

### **Productividad de factor total**

La PFT, es la razón entre la cantidad neta producida y la suma asociada de los factores mano de obra y capital.

### **Productividad marginal**

También es conocida como Producto Marginal del Insumo y consiste en aumentar la producción luego de realizar un aumento en una unidad a algún elemento de los factores productivos (insumos) dejando el resto de los factores igual.



## **Productividad laboral**

El IPE, define a “la productividad laboral como la producción promedio por trabajador en un periodo de tiempo. Las teorías económicas sostienen que las remuneraciones deben ser de acuerdo a la productividad laboral”.

También llamado productividad por hora trabajada, está definido como la disminución o incremento del rendimiento para la producción de un producto en función del tiempo de trabajo para el producto terminado.

## **Factores que afectan la productividad**

La productividad de una organización o sistema se ve influida o afectada por una gran variedad de factores (externos, internos, entre otros) que pueden afectar ya sea a la cantidad de salidas o a la distribución de las entradas.

### **Factores externos**

Son aquellos que están fuera del alcance de la empresa o sistema, pero influyen en la productividad, como: Reglamentación del gobierno, política económica, el poder de la moneda nacional frente a las monedas extranjeras, la disponibilidad de transporte, infraestructuras, vías, y recursos, la estabilidad política, las condiciones sociales, el estado de la oferta de la mano de obra, la competencia, la demanda etc.

### **Factores internos**

En este grupo se manifiestan los que están dentro del sistema o empresa y afectan a la productividad, entre ellos están: las políticas que manifiesta la empresa, el nivel de tecnología utilizada por los sistemas productivos, la gestión administración de la misma, la organización existente en cada empresa, el proceso productivo establecido, etc.

## **Importancia de la productividad**

“La importancia de la productividad radica en su uso como un indicador para medir la situación real de la economía de una industria, de la gestión empresarial o de un país” (MIRANDA, 2010, p.248)

En otras palabras, el bienestar nacional, el PNB crece más rápido cuando la productividad mejora, generando aumentos directos de los niveles de vida.

### 1.3.2.2 Dimensiones de la Productividad

#### Eficiencia

GUTIÉRREZ (2010) “La eficiencia es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados. [...] Así, buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicio de estos” (p. 21).

$$CMP = \frac{HMA - HMB}{HMA} \times 100\%$$

Dónde:

CMP → Cumplimiento de mantenimiento periódico

HMA → Horas Maquina Programada

HMB → Horas Máquina Perdidas

#### Eficacia

“Es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados. [...] La eficacia implica utilizar los recursos para el logro de los objetivos trazados (hacer lo planeado)” (GUTIÉRREZ, 2010, p. 21).

$$CP = \frac{PR}{PP} \times 100\%$$

Dónde:

CP → Cumplimiento de producción

PR → Producción Real

PP → Producción Programada

#### Marco Conceptual

- **Falla:** Para Arróspide (2018) una falla se define como la insuficiencia de un activo para realizar una función determinada, es decir, la maquina puede continuar en operación, sin embargo, no desempeña satisfactoriamente las funciones para lo cual fue diseñado. (pág. 8)

- **Horas Parada:** Según Arróspide (2018) Es el tiempo en que la máquina no se encuentra disponible para operación; estos incluyen diversas formas de mantenimiento, reparaciones, modificaciones, entre otros; También Incluye los tiempos de inspección y diagnóstico (pág. 10)
- **Manual de mantenimiento:** Según el ACIEM (2018) el manual de mantenimiento es un documento necesario para todo tipo de industria, ya que manifiesta los procedimientos de trabajo, los controles, la filosofía y política organizacional que debe de adoptarse al realizar trabajos de mantenimiento. (pág. 35)
- **Orden de Trabajo:** Según el ACIEM (2018) es un instrumento estándar usado para definir en qué sector de la maquinaria o equipo hay que ejecutar tareas de mantenimiento, este documento posee una instrucción detallada del trabajo que debe realizarse, considerando detalles como el nombre del técnico, el tiempo, los instrumentos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento (pág. 37).
- **Tarea de Mantenimiento:** “[...] Es el conjunto de actividades que debe realizar el usuario para mantener la funcionabilidad del elemento o sistema”. (ARRÓSPIDE, 2018, p. 18).

#### **1.4. Formulación del problema**

##### **1.4.1. Problema General**

- ¿De qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019?

##### **1.4.2. Problemas Específicos**

- ¿De qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019?
- ¿De qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019?

#### **1.5. Justificación del estudio**

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BATISTA (2014) “indica el porqué de la investigación exponiendo sus razones. A través de la justificación se debe demostrar que el estudio es importante y necesario para el desarrollo de esta misma” (p.40).

La presente investigación se justifica de la siguiente manera, porque evalúa y analiza el estado y situación de las máquinas del área de mecanizado.

**a. Justificación económica:**

Según QUISPE (2015), una investigación se “Justifica de manera económica por que resalta al minimizar los gastos en costos de mantenimiento o relativos al programa de trabajo, pertenecientes a una organización” (p. 44.).

De esta manera la presente investigación se justifica económicamente, porque mediante la aplicación del Mantenimiento Preventivo en la empresa Servicios Mineros S.A., se ayudará a mejorar la vida útil de cada uno de los equipos, disminuirán las paradas imprevistas de la maquinaria, reduciendo costos y tiempos muertos, logrando de esta manera mejorar la productividad al incrementar la producción de la empresa.

**b. Justificación práctica:**

Una investigación tiene justificación práctica cuando a través de su desarrollo se logra o se ayuda a la resolución de problema o de lo contrario propone estrategias que al aplicarse ayudaran a la resolución del mismo. (BERNAL, 2014, p. 108).

Mediante una justificación práctica la presente investigación permite determinar los procesos y su mejora, al eliminar los tiempos innecesarios que se pierden entre cada operación, de esta manera se logra el incremento de la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A.

**c. Justificación metodológica:**

En una investigación, la justificación metodológica del estudio se da cuando el proyecto plantea un nuevo método o estrategia para desarrollar conocimiento eficiente, fiable y valido. (BERNAL, 2014, p.110).

La presente investigación se justifica metodológicamente puesto que aplica los métodos para dar solución a la problemática real, de una empresa real, con datos reales, los cuales servirán como antecedentes a posteriores trabajos, ya que aportan información confiable y válida para la solución de esta problemática.

**1.6. Hipótesis**

**1.6.1 Hipótesis General**

- La implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A., Callao, 2019.

**1.6.1. Hipótesis Específicos**

- La implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A., Callao, 2019.

- La implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A., Callao, 2019.

## **1.7. Objetivos de la Investigación**

### **1.7.1. Objetivo General**

- Determinar de qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A., Callao, 2019.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- Determinar de qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A., Callao, 2019.
- Determinar de qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A., Callao, 2019

**Tabla 9:** *Matriz de Coherencia*

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS
<b>GENERAL</b>		
¿De qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019?	Determinar de qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.	La implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.
<b>ESPECÍFICO</b>		
¿De qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019?	Determinar de qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.	La implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.
¿De qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejorar la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019?	Determinar de qué manera la implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.	La implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

Fuente: Elaboración propia

## **II. MÉTODO**

## **2.1. Tipo y Diseño de investigación**

### **2.1.1 Tipo de investigación**

#### **Aplicada**

Para SÁNCHEZ (2004), “La investigación aplicada es: llamada también constructivista o utilitaria, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriva” (p.18).

Este tipo de investigación busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar; una realidad concreta. En la presente investigación el problema es real, con la aplicación del Mantenimiento Preventivo se mejorará la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A.

### **2.1.2 Enfoque de la investigación**

#### **Cuantitativa**

“Se asigna secuencialmente cuando se evalúa las variables en un determinado contexto, empleando magnitudes numéricas en los cuales se analizan las mediciones obtenidas del método estadístico” (HERNÁNDEZ S., FERNÁNDEZ C. y BAPTISTA P. 2014, p.4).

La presente tesis es de enfoque cuantitativo, porque recolecta y analiza datos numéricos para contestar preguntas de investigación, para probar hipótesis que han sido previamente establecidas y para aplicarlas a las variables, con el propósito de encontrar los mejores resultados de las problemáticas que se puedan presentar.

### **2.1.3 Nivel de investigación**

#### **Explicativo**

“La investigación explicativa es más que solo la descripción de conceptos o fenómenos, ya que principalmente está orientada a buscar las causas del problema, además busca explicar el comportamiento de las variables” (HERNANDEZ S., FERNANDEZ C. y BAPTISTA P. 2014, p-. 95).



La presente investigación es de tipo explicativo ya que pretende explicar el porqué de las causas, haciendo uso de la relación causa-efecto, con lo que se pretende incrementar la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A.

#### **2.1.4 Diseño de investigación**

##### **Pre experimental**

“Es pre experimental, cuando se administra un estímulo o tratamiento a un grupo para después aplicar una medición de una o más variables para observar en qué nivel se encuentra el grupo bajo estas condiciones” (JIMÉNEZ, 2012, p.38).

La presente investigación es pre experimental, con un solo grupo de diseño de prueba y pos prueba, manipula deliberadamente la variable independiente (mantenimiento preventivo) y mide la consecuencia que esta tiene sobre la variable dependiente (productividad), debido a esto en este diseño se requiere de un grupo control (G) al cual se le aplicara el estímulo (mantenimiento preventivo) para determinar su efecto sobre la variable dependiente (Productividad) realizando varias mediciones antes (Pre-Test) y después (Post-Test) de la implementación de mejora sobre el estímulo.

<b>GRUPO</b>	<b>Pre - Test</b>	<b>ESTÍMULO</b>	<b>Post - Test</b>
<b>G1</b>	<b>O1</b>	<b>X</b>	<b>O2</b>

Figura 11: Componentes de la productividad

Dónde:

G1: Producción de Piezas Mecánicas

X: Mantenimiento Preventivo

O1: Productividad Inicial (pretest)

O2: Productividad Final (post test)

## **2.2. Variables y Operacionalización**

### **2.2.1 Definición conceptual**

#### **Variable independiente: Mantenimiento preventivo**

JIMÉNEZ (2015) define el mantenimiento preventivo como “Una serie de actividades previamente programadas y realizadas por el equipo de mantenimiento con el fin de conservar y mantener el buen funcionamiento de las maquina e instalaciones de la toda industria” (p.22).

#### **Variable dependiente: Productividad**

“La productividad de mide por el cociente obtenido entre los resultados logrados y los recursos empleados; los primeros pueden medirse en utilidades o en unidades producidas, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por horas máquina, tiempo empleado, número de trabajadores, etc.” (GUTIÉRREZ, 2010, p.21)

### **2.2.2 Definición Operacional**

#### **Variable independiente: Mantenimiento preventivo**

La propuesta del mantenimiento preventivo se evaluará mediante las dimensiones de mantenimiento periódico y mantenimiento de fiabilidad, estos se evaluarán con cumplimiento de mantenimiento periódico e índice de fiabilidad.

#### **Variable dependiente: Productividad**

Para evaluar la productividad, se evaluará mediante las dimensiones de eficiencia y eficacia, los mismos se evaluarán mediante los indicadores de tiempo de producción y cumplimiento de producción.

**Tabla 10: Matriz de Operacionalización**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FORMULAS	ESCALA DE MEDICIÓN
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	JIMÉNEZ (2015) define el mantenimiento preventivo como “Una serie de actividades previamente programadas y realizadas por el equipo de mantenimiento con el fin de conservar y mantener el buen funcionamiento de las maquina e instalaciones de la toda industria” (p.22).	La propuesta del mantenimiento preventivo se realizará mediante las dimensiones de mantenimiento periódico y mantenimiento de fiabilidad, estos se evaluarán con cumplimiento de mantenimiento periódico e índice de fiabilidad	MANTENIMIENTO PERIÓDICO	CUMPLIMIENTO DEL PMANTENIMIENTO PERIÓDICO	$CMP = (MR / MP) \times 100$ <p>CMP → Cumplimiento de mantenimiento periódico MR → Mantenimiento Realizado MP → Mantenimiento Planificado</p>	RAZÓN
			MANTENIMIENTO DE FIABILIDAD	ÍNDICE DE FIABILIDAD	$IF = (TF / (TPA + TF)) \times 100\%$ <p>IF → Índice de Fiabilidad TF → Tiempo de Funcionamiento TPA → Tiempo Promedio de averías</p>	RAZÓN
PRODUCTIVIDAD	“La productividad se mide por el cociente obtenido entre los resultados logrados y los recursos empleados; los primeros pueden medirse en utilidades o en unidades producidas, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por horas máquina, tiempo empleado, número de trabajadores, etc.” (Gutierrez, 2010, p.21)	Para evaluar la productividad, se hará mediante las dimensiones de eficiencia y eficacia, los mismos se evaluarán mediante los indicadores de tiempo de producción y cumplimiento de producción	EFICIENCIA	TIEMPO DE PRODUCCIÓN	$TP = (HMA - HMB) / HMA \times 100$ <p>TP → Tiempo de Producción HMA → Horas Máquina Programada HMB → Horas Máquina Perdidas</p>	RAZÓN
			EFICACIA	CUMPLIMIENTO DE PRODUCCIÓN	$CP = (PR / PP) \times 100$ <p>CP → Cumplimiento de producción PR → Producción Real PP → Producción Programada</p>	RAZÓN

Fuente: Elaboración propia

## **2.3. Población, Muestra y Muestreo**

### **2.3.1 Población**

Se entiende por población al conjunto de todos los elementos o individuos que poseen características similares y de los cuales se realizará el estudio de la presente investigación.

Para JHONSON, R. y KUBY, P. (2012), la población es “Una colección o conjunto de objetos, eventos o individuos que tienen ciertas propiedades y características, las cuales serán estudiadas y analizadas” (p.7).

JOHNSON, R. y KUBY, P. (2012), van más allá y “Diferencian dos tipos de poblaciones: las poblaciones finitas y las poblaciones infinitas. Será una población finita cuando sea posible la enumeración de todos los elementos que la componen, mientras que será una población infinita cuando los elementos sean ilimitados” (p.8).

La población tomada en la presente investigación estará conformada por una población finita, ya que no es de gran escala y estará representada por datos cuantitativos (numéricos) tomados de la producción diaria de piezas en el área de mecanizado en un tiempo (60 días).

### **Población = Producción de piezas mecánicas en 60 días**

### **2.3.2 Muestra**

“La muestra está integrada por los objetos, individuos o medidas seleccionados de una población. La muestra es el subconjunto de la población” (JOHNSON, R. y KUBY, P., 2012, p.8).

MARTINEZ, C. (2012), define muestra como “Un conjunto de medidas o elementos pertenecientes a una parte de la población que resulta de un proceso de selección aleatoria, con el fin de investigar de forma parcial o total las características de estos elementos” (p.663).

Por consiguiente, en la presente tesis se considera la muestra igual a la población, por lo que será los datos de la producción, tomados por 60 días del área de mecanizado de la empresa Servicios mineros S.A.

## **Población=Muestra**

### **2.3.3 Muestreo**

Es una herramienta de la investigación que permite determinar que parte de la población debe examinarse, con el fin de inferir sobre esta misma.

Sobre esto VALDERRAMA, S. (2014), manifiesta que el muestreo es “El proceso de selección de una parte representativa de la población, la cual permite estimar los valores numéricos propios de dicha población” (p. 188).

Mientras que HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2010), nos indican que “Existe dos tipos de muestreo: el muestreo probabilístico y el no probabilístico, el primer muestreo es aquel donde todos los elementos de una población tienen las mismas posibilidades de ser elegidos, y el segundo tipo de muestreo es en el que no todos los elementos tienen las mismas probabilidades de ser elegidos” (p.176).

En el presente estudio no se llevará a cabo un muestreo, por ende, solo se adopta el muestreo no probabilístico y dentro de este, se acepta el por conveniencia.

### **2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez**

“Una vez que se cuente con el diseño y muestra adecuada para la investigación y de acuerdo con nuestro problema e hipótesis de estudio, el siguiente paso es la recolección de datos pertenecientes a las variables de la unidad de análisis” (HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2010, p.198)

#### **2.4.1 Técnica**

Según VALDERRAMA, S. (2014), nos indica que “Las técnicas vienen a ser las actividades y procedimientos que el investigador utiliza para reunir la información necesaria de manera objetiva en relación al objeto de estudio” (p.195).

En base a ello, en la presente tesis se empleará como técnica de recolección de datos la observación, con el fin de obtener datos reales a través de los cuales se accederá a una mejora para el área de mecanizado de la empresa SERVICIOS MINEROS S.A

- **Observación**

“La observación es una técnica que permite obtener información real, directa y confiable de los fenómenos a investigar, mediante procedimientos sistematizados y controlados para su posterior análisis” (BERNAL, 2010, p.194).

#### **2.4.2 Instrumento**

“Los instrumentos son los medios materiales que aplica el investigador con el fin de recolectar y almacenar la información relacionada a sus variables” (VALDERRAMA, 2014, p.301).

Para HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2010), “Es un recurso utilizado por el investigador para registrar información o datos observables de las variables que tiene en mente” (p.200).

El instrumento que se utilizara en esta investigación son las fichas de observación o de registro, las cuales serán diseñadas por los investigadores y validada por el gerente de operaciones de la empresa con el objetivo de hacer más confiable el instrumento. En este instrumento se recolectarán los datos necesarios para su posterior análisis inferencial, accediendo así a la solución del problema de mantenimiento presente en esta área de la empresa.

- **Ficha de observación**

Las fichas permiten registrar los resultados reales, obtenidos de la observación, de manera específica facilitando la tarea en una investigación” (MUÑOZ, 2015, p. 34). Por tal, las fichas nos permitirán reflejar los datos reales de la producción en un tiempo determinado, para lograr mejorar la productividad de las máquinas, mediante la propuesta del mantenimiento preventivo.

#### **2.4.3 Validez**

Se puede definir validez como el grado en que un instrumento prueba o mide aquello para lo cual está destinado para medir. Ante esto HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2010), dice “Que la validez se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir” (p.201)

En esta investigación la validez de los instrumentos se dará a través del juicio de expertos, en donde 3 docentes colegiados de la facultad de ingeniería industrial de la Universidad Cesar Vallejo evaluarán dichos instrumentos junto con las formulas empleadas en la matriz de operacionalización, la firma de estos expertos garantizará la confiabilidad y utilidad de lo propuesto.

### **Juicio de expertos**

Según VALDERRAMA, S. (2014), El juicio de expertos “Es el conjunto de opiniones, correcciones y verificaciones dadas por los profesionales expertos en la investigación, con la finalidad de que el estudio posea sentido lógico y guarde relación con los indicadores presentes en la investigación” (p.198).

El juicio de expertos es indispensable para el desarrollo de esta investigación, por ello tres profesionales conocedores especialistas en Ingeniería Industrial, luego de un meticuloso análisis, aprobaron con su firma los indicadores utilizados en la matriz de operacionalización, dando fe al trabajo de investigación. Los ingenieros que validaron fueron:

- Dr. Jorge Malpartida G.
- Dr. Víctor Pastor Talledo
- Dr. Leónidas Bravo Rojas

#### **2.4.4 Confiabilidad**

“La confiabilidad es el grado en el que un instrumento de medición produce resultados iguales debido a su aplicación repetida al mismo objeto o individuo” (HERNÁNDEZ, 2010, p.201).

La confiabilidad de los datos se dará en el grado que son obtenidos de manera directa por los investigadores utilizando el cronometro stop watch, el cual cuenta con un margen de error mínimo, debido a que es nuevo.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

Elegir y aplicar bien alguno de los métodos de recolección de datos es muy esencial en toda investigación para tener una visión general de todo lo que se analizara para lograr una mejora.

Ante esto VALDERRAMA, S. (2014), menciona que “Luego de realizar la recolección de datos se procede a realizar un análisis de los mismos con el propósito es dar por aceptado o rechazado la hipótesis de la investigación” (p. 229).

Por tal en este estudio se empleará un análisis descriptivo y un análisis inferencial, en este último se utilizará el software estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), con el cual obtendremos resultados favorables o no favorables en relación a la implementación del mantenimiento para la solución de nuestra problemática de la empresa Servicios Mineros S.A.

### **2.5.1 Análisis descriptivo**

Según TRESPALACIOS, J. (2016), el análisis descriptivo “resume los datos de las variables indicando su uniformidad, dispersión o las relaciones encontradas entre los elementos de la muestra, a través de la descripción de datos, como tablas, cálculos y gráficos” (p.205).

Mediante el análisis descriptivo se recolectará, procesará y analizará los datos encontrados de cada indicador, para describir el comportamiento de la variable en la subpoblación o población a través de la estadística descriptiva como el uso de cálculo de tasa, promedios, porcentajes, mediana, varianza, etc.

### **2.5.2 Análisis inferencial**

HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2010), define que “La estadística inferencial es para probar las hipótesis y estimar parámetros” (p.299).

“El análisis inferencial tiene como cometido inferir, extrapolar los datos muestrales a toda la población, utilizando determinados indicadores de confianza y margen de error aceptable para los resultados poblacionales” (TRESPALACIOS, 2016, p. 206).

En este proyecto de investigación se usará la estadística inferencial para sacar conclusiones acerca de la población, para inferir los resultados de manera que generalice los mismos,



partiendo desde la muestra hacia la población y para probar y contrastar la hipótesis mediante este análisis.

## **2.6 Aspectos éticos**

La información recaudada para este Proyecto ha sido autentica y veraz, cuidando y respetando todo tipo de información que ha sido brindada por la empresa, de la misma manera se ha respetado la autoría intelectual, ya que toda información extraída de libros ha sido citada bajo la norma ISO 690 y se deja indicado la honestidad y seriedad que se puso en esta investigación.

## **2.7. Desarrollo de la propuesta**

### **2.7.1 Situación actual**

En este punto se enfatiza toda la información relacionada a la empresa donde se realizará el trabajo, accediendo a un claro entendimiento de su entorno, conociendo su misión, visión, política de calidad, clientes, productos y las posibles mejoras que se pueden adoptar para su mejora constante.

### **Descripción de la empresa**

La empresa Servicios mineros S.A. empezó sus operaciones en Perú como representante de maquinarias y equipos de prestigio a nivel internacional ligados a la minería por el año 1975, y luego de varios años de actividad se consolidó como uno de los principales productores de equipos para el sector minero del Perú. Para seguir creciendo tecnológicamente de acuerdo a las exigencias del mercado, en el año 2006 adquiere la patente de la fabricación de toda la línea de locomotoras eléctricas de la compañía inglesa PIKROSE LTD. y la ingeniería de BEV (British Electric Vehicles). En la actualidad estas locomotoras trabajan en las principales compañías mineras del Chile, Ecuador, Colombia, Bolivia y Perú. Después del éxito y prestigio obtenido con la fabricación de locomotoras eléctricas, se añade la fabricación de una línea completa de vagones (carros mineros) para el transporte de mineral extraído de las minas y de esta manera completar los sistemas de extracción de minerales sobre rieles. Por el 2014, servicios mineros S.A. se asocia con la empresa hindú EIMCO ELECON Ltd. y se vuelve el representante legal de la línea de Pallas Neumáticas producidas por EIMCO, como también la gran diversidad de maquinarias y equipos para la carga de minerales, con lo cual, complementado a la línea de locomotoras y vagones, se ofrece los sistemas completos de carga y transporte sobre rieles.

## Base legal

- Razón Social: SERVICIOS MINEROS S.A
- Tipo de Sociedad: Sociedad anónima
- Numero de RUC: 20101322824
- Condición: Activo
- Dirección Legal: Calle 4 Mz. C Lt. 6 La Grimaneza
- Actividad económica: Fabricación de locomotoras y material rodante – Otros tipos de ventas al por menor
- Fecha de inicio de Actividades: 02 de enero de 1975

## Localización

La empresa Servicios Mineros S.A – SERMINSA, se encuentra ubicada Calle 4 Mz. C Lt. 6 La Grimaneza

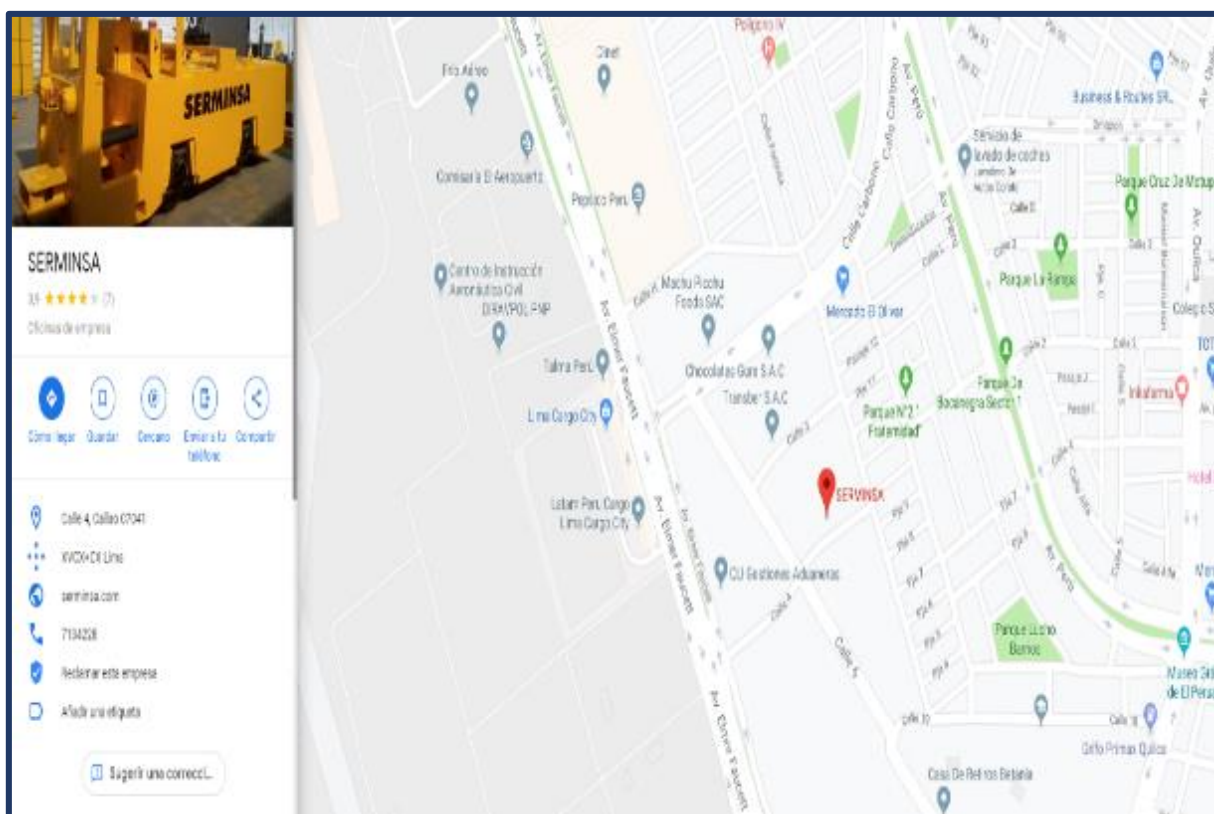


Figura 12: Localización geográfica de la empresa SERMINSA

## Misión

### **SERMINSA**

#### **Misión**

Diseñar, desarrollar y fabricar equipos y maquinarias eficientes que logren satisfacer las expectativas de sus clientes, mejorando sus procesos productivos para suministrar productos Eficientes, de excelente calidad y seguros, respetando el medio ambiente y aportando en el crecimiento profesional de sus colaboradores.

## Visión

### **SERMINSA**

#### **Visión**

Convertirnos en una empresa líder en la fabricación de maquinaria y equipos para la minería, a través de la aplicación de la mejora continua en nuestros procesos y servicios, buscando arduamente cumplir con las necesidades y expectativas de nuestros clientes, de esta manera lograr ser reconocidos a nivel nacional e internacional.

## Política de Calidad

### **SERMINSA**

#### **Política de Calidad**

SERVICIOS MINEROS S.A., busca ser la empresa líder en el diseño y fabricación de equipos mineros de manera global, por ello tienen un compromiso en cuanto a:

- Avalar el cumplimiento de las condiciones o requerimientos de nuestros clientes.
- Constituir estándares de altos niveles operacionales (desempeño, duración y costo de sus equipos) en sus productos y servicios.
- Promover el desarrollo profesional de sus colaboradores y la mejora continua.

## Organigrama

El organigrama de la empresa Servicios mineros S.A está construida de la siguiente manera:

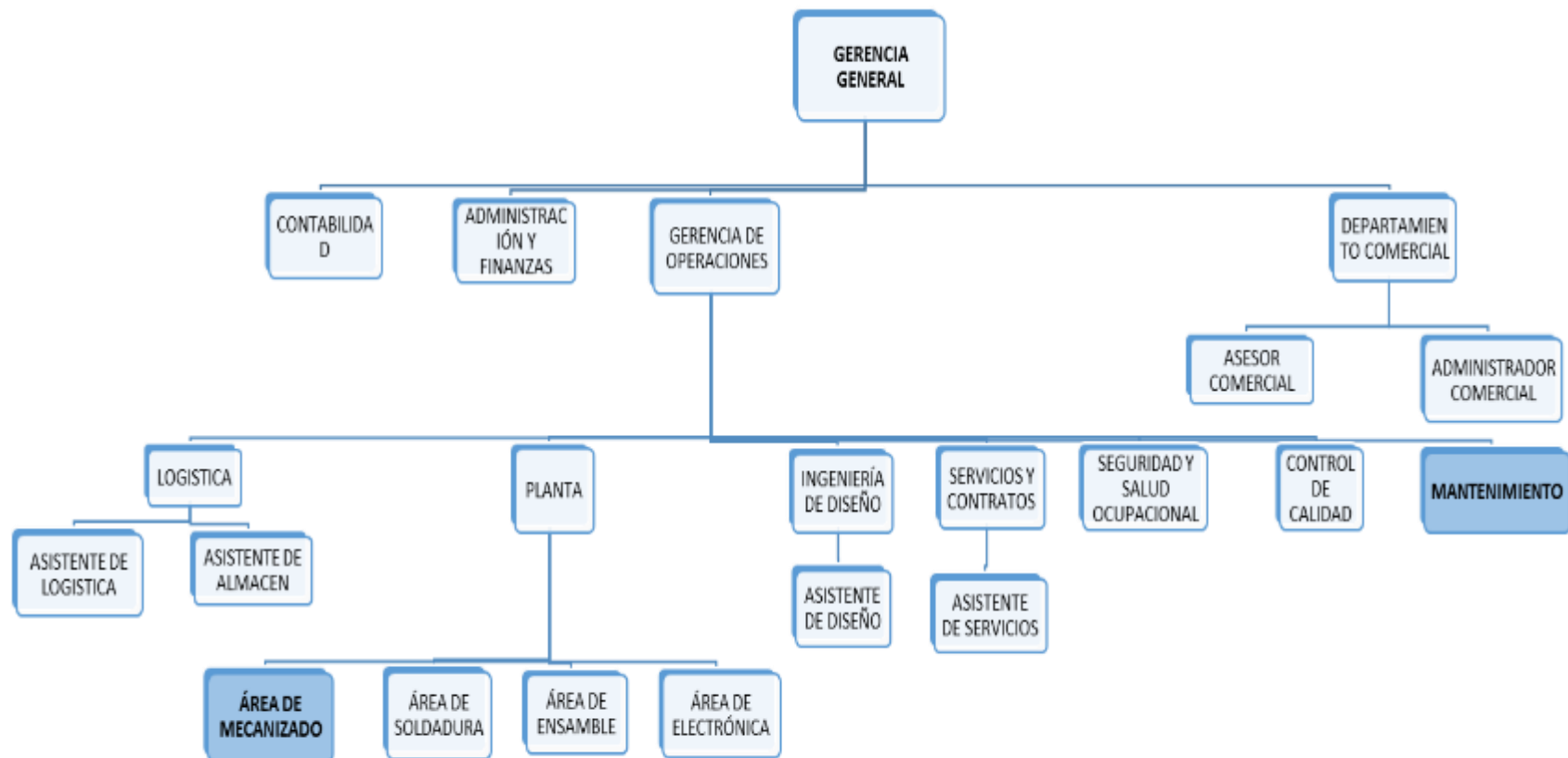


Figura 13: Organigrama de la empresa SERMINSA.

En la figura anterior (figura N°14), se puede observar la organización general de la empresa Serminsa, encabezado por el gerente general, en un nivel jerárquico más abajo se encuentra la gerencia comercial que tiene como apoyo a asesor comercial y al administrador comercial; la gerencia de operaciones que tiene a cargo las jefaturas de logística, planta (área de mecanizado, ensamble, soldadura, y electrónica), ingeniería de diseño, servicios y contratos, seguridad y salud ocupacional, control de calidad, y mantenimiento; el área de contabilidad y administración – finanzas.

### **Productos que ofrece SERMINSA**

La empresa Servicios mineros S.A. fabrica los siguientes productos:



Figura 14: Productos fabricados por SERMINSA

### **Lista de productos**

- **Locomotoras**  
Producto principal de SERMINSA, locomotoras eléctricas a batería y/o trolley, fabricados con distintas capacidades de arrastres, desde 13-180 TM y diseñados para la extracción de minerales
- **Vagones**  
Diversidad de carros mineros con capacidades, desde 450 kg hasta 4500 kg. Diseñados a pedido del cliente.
- **Palas neumáticas**  
Diseñados para carga y transporte de distintos materiales, originales de la marca EIMCO 12B y 21B, con capacidades desde 0.5-1.41 m<sup>3</sup>/min.
- **Metalmecánica**

Fabricación de diversos productos de estructura metalmecánica (tanques reservorios, escaleras metálicas, etc.) y servicios de soldadura (soldadura y recuperación de piezas).

### **Servicios**

SERMINSA cuenta con un área de servicios con el fin de brindar mayor soporte técnico a sus clientes, esta área brinda asesoría técnica y ofrece diversidad de servicios destinados como: alquiler de locomotoras, capacitaciones teóricas y prácticas respecto a su producto, entre otros.

### **Clientes de SERMINSA**

La empresa SERMINSA cuenta con un gran número de clientes, que se han ganado su confianza y fidelidad debido a la buena calidad de sus productos elaborados. Entre ellos se encuentran las siguientes empresas:

- MILPO
- EPIROC
- PODEROSA
- CARAVELI
- INSUMINER S.A.S
- BUENA VENTURA
- PAN AMERICAN
- HOCHSCHILD
- AUSTRIAS DUVAZ S.A.

## Diagrama de operaciones de SERMINSA

El proceso de elaboración de su principal producto (locomotora) se representa mediante un diagrama de operaciones.

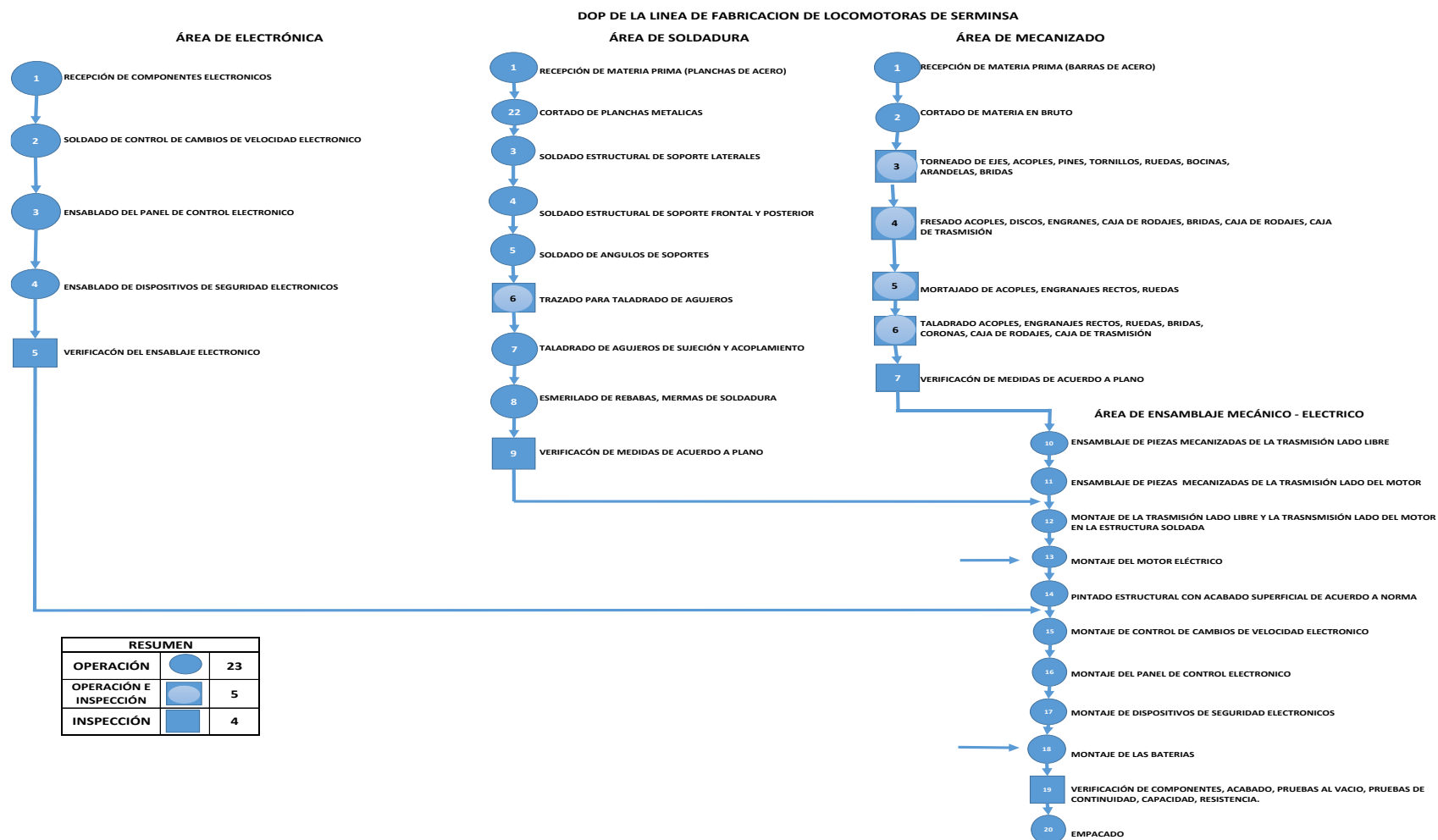


Figura 15: DOP del proceso de fabricación de locomotoras de SERMINSA

## Diseño de planta de SERMINSA

Con el fin de dar a conocer un mejor análisis del desarrollo laboral de la empresa, se presenta la distribución actual de la planta.

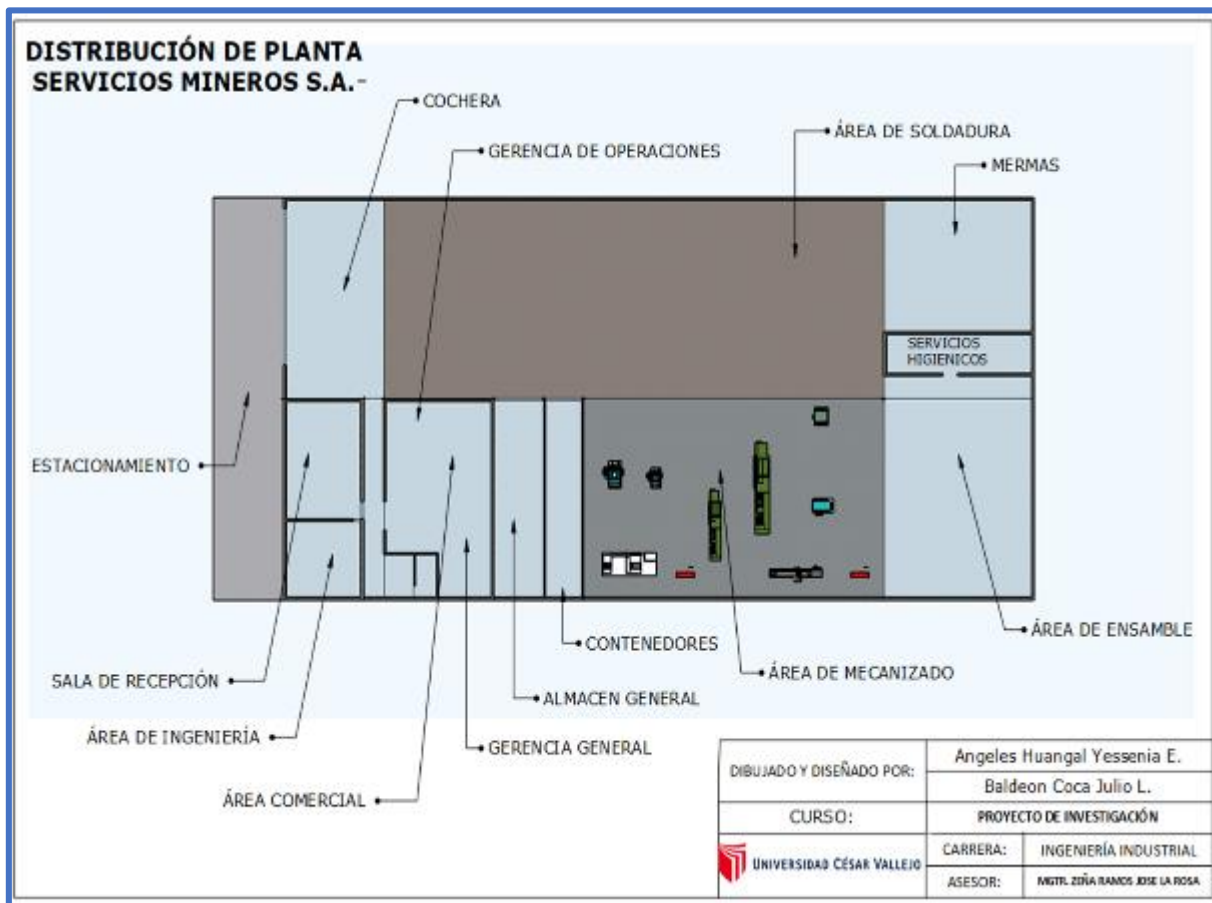


Figura 16: Distribución de planta de SERMINSA

En la figura N°15, se puede apreciar la distribución de las áreas pertenecientes a SERMINSA, donde la distribución correcta de estas mismas y el adecuado espacio permite la realización adecuada de todas las actividades propias de esta empresa. De estas áreas las cuatro principales son: área de soldadura, área de ensamblaje, área de electrónica y el área de mecanizado.

## Diagnóstico del Problema

El área de mecanizado cuenta con seis máquinas para la realización de diversas actividades, ya que es aquí donde se realizan los procesos principales de fabricación de componentes que



intervienen en la fabricación de piezas de locomotoras, la fabricación se da mediante el desgaste de viruta llegando a la transformación de la pieza necesaria. Esta área ha venido presentando diversos problemas como paradas imprevistas, averías y fallas en las maquinas lo cual ha generado incumplimiento y retrasos en la producción programada, además presentan desgaste, falta de lubricación, suciedad, entre otros, lo cual impide al operador realizar sus funciones correctamente afectando de esta manera de esta manera la productividad parcial de la empresa. Por ello se propone un plan de mantenimiento preventivo para esta área, siendo nuestro objetivo principal mejorar su productividad.



Figura 17: Área de mecanizado de la empresa SERMINSA.

## Maquinas del área de mecanizado de SERMINSA

El área de mecanizado está conformada por: 2 fresadoras y 4 tornos

- Fresadora grande
- Fresadora universal 2
- Torno tovaglieri
- Torno DMTG
- Tornop nadini
- Torno CNC HAAS



Figura 18: Distribución de planta del área de mecanizado de SERMINSA

### Proceso del área de mecanizado

- **Recepción de materia prima (barras de acero, planchas de acero, otros materiales ferrosos y no ferrosos).**

En esta primera etapa, se da la recepción el material en bruto proveniente del almacén de materia prima.

- **Cortado de materia en bruto.**

En este proceso se corta la materia prima, con una cierra de columna de acuerdo a las medidas determinadas en los planos de trabajo y adicionándole una sobre medida para realizar la pieza mecánica.

- **Torneado de ejes, acoples, pines, tornillos, ruedas, bocinas, arandelas, bridas.**

En esta etapa se realiza el mecanizado en torno convencional o torno CNC de acuerdo a las medidas y tolerancias dimensionales que requiere la pieza mecánica para desempeñar un buen funcionamiento y ensamblaje. Las sub operaciones realizadas en estas máquinas son las siguientes, refrentado, cilindrado, roscado, ranurado, taladrado, entre otros.

- **Fresado de acoples, discos, engranes, caja de rodajes, bridas, caja de rodajes, caja de transmisión.**

En esta etapa se realiza el mecanizado en fresadora universal, de acuerdo a las tolerancias dimensionales que la pieza requiera, cuidado detalles importantes como paralelismo, rectitud, concentricidad, rugosidad, entre otros. Las sub operaciones realizadas en esta máquina son muy variadas, de todas mencionaré los más importantes, acanalado, fresados plano, fresado helicoidal, fresado cilíndrico, entre otros.

- **Mortajado de acoples, engranajes rectos, ruedas.**

En esta etapa al igual que en el anterior proceso mencionado, se utiliza una fresadora universal, pero con accesorios especiales que permitan tallar ranuras equidistantes y formar diferentes tipos de engranes, y con el equipo de mortajado correcto realizar ranuras estriadas equidistantes para diferentes tipos maquinaria.

- **Taladrado acoples, ruedas, bridas, coronas, caja de rodajes, caja de transmisión.**

En esta etapa se utiliza una fresadora universal con el accesorio de división angular que permita realizar agujeros equidistantes de diferentes dimensiones, también es posible realizar múltiples procesos como tallados de coronas, taladrado de bridas, acoples, cajas de transmisión, entre otros, que requieran una precisión considerable para un ensamblaje.

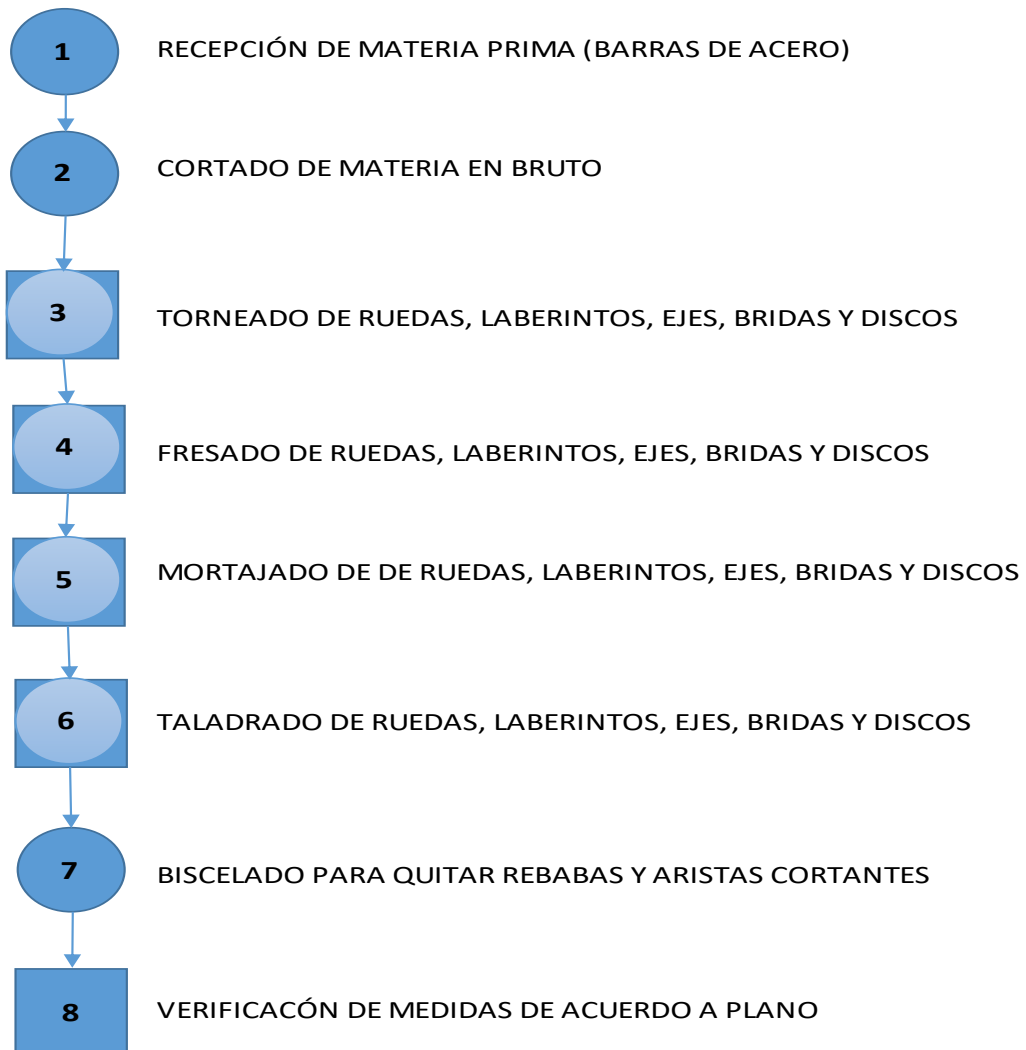
- **Biscelado para quitar rebabas y aristas cortantes.**

En esta etapa se busca eliminar las aristas cortantes y rebabas de las piezas mecánicas que se generaron por los diferentes mecanizados al largo de su proceso de fabricación.

- **Verificación de medidas de acuerdo a plano.**

En esta etapa final se realiza una verificación minuciosa de la pieza mecánica terminada respecto al plano de fabricación, para ello se hacen uso de instrumentos medición que cuenten con la precisión, respecto a las tolerancias dimensionales a considerar.

## ÁREA DE MECANIZADO






RESUMEN		
OPERACIÓN		3
OPERACIÓN E INSPECCIÓN		4
INSPECCIÓN		1

Figura 19: DOP del Área de Mecanizado de Servicios Mineros S.A

En una primera etapa de la implementación se realizó una introducción sobre los objetivos que se pretendía obtener con este plan de mantenimiento preventivo, para ello era necesario conocer la situación actual productiva del área de estudio y de esta manera poder pasar a la etapa de implementación. Por ende, en base a un historial de todos los productos que se fabrican con estas máquinas, se obtuvo la productividad se meses atrás.

**Tabla 11:** *Productividad en el área de Mecanizado*

TIPO DE PRODUCTOS	PRODUCTIVIDAD
Rueda U-35	58.0%
Laberintos Macho U-35	75.0%
Laberintos Hembra U-35	78.0%
Ejes U35	65.0%
Bridas porta coronas	62.0%
Disco de freno	70.0%

Fuente: Servicios Mineros S.A

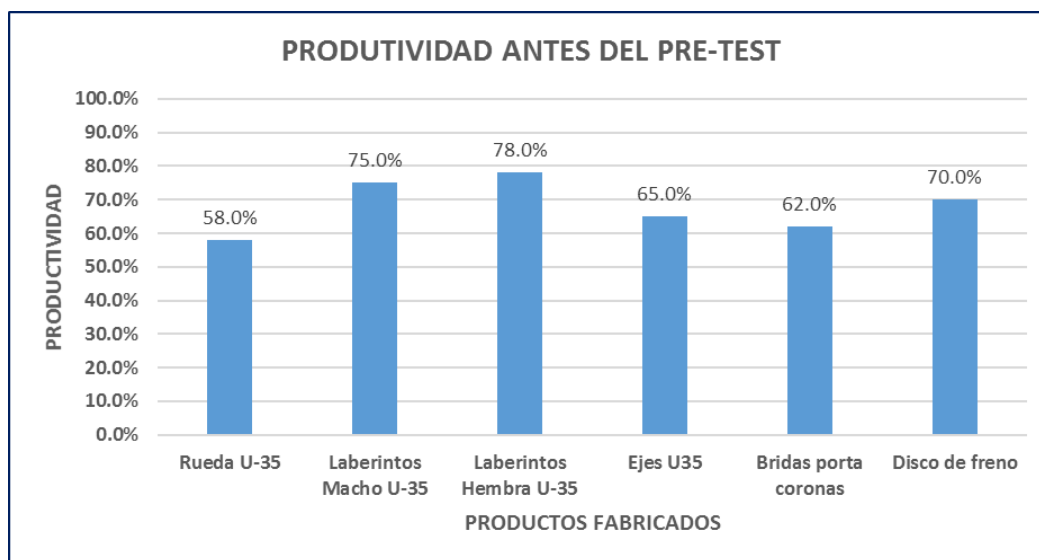


Figura 20: Gráfico de la productividad antes del pre-test

Los productos que se fabrican en el área de mecanizado de la empresa Servicios mineros S.A. son variados, estos productos poseen una gran complejidad de características de acuerdo al uso y maquinaria en la cual va a desempeñar una función determinada, sin embargo, es importante mencionar los productos que más movilidad poseen en el mercado, tales como, rueda u-35, Laberinto macho u-35, laberinto hembra u-35, ejes u-35, bridas porta coronas y disco de freno,



estas piezas mecánicas forman parte del sistema mecánico de las locomotoras, carros mineros, palas neumáticas, los cuales se pueden comercializar como repuesto o parte de un producto ensamblado. En la figura N°20 se puede apreciar la productividad de los componentes antes mencionados que van desde el 58% al 78%, estos datos fueron brindados por el jefe de planta de la empresa, los cuales oscilan entre enero y abril del presente año 2019.



Figura 21: Piezas Mecánicas del área de mecanizado

## Fallas presentes en el área de mecanizado

**Tabla 12:** Registro de fallas en el área de mecanizado

PERIODO	FECHA	COD_PIEZA	DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA	MAQUINA	MOTIVO DE PARADA	TIEMPO DE PARADA EN HORAS	PROMEDIO PARADA / DIA
1 S E M A N A	Lunes 15	SMC06	EJES U35	FRESADORA UNIVERSAL 1	FALLA DE LA BOMBA DE REFRIGERANTE	1.50	1.5
		SM16	TAPA DE CAJA DE RODAJES INFERIOR	TORNO TOVAGLIERI	ESCAPE DE ACEITE	1.50	
	Martes 16	SMI24	DISCO DE FRENO	TORNO NARDINI	FALLA DEL AVANCE AUTOMATICO DEL CARRO TRASVERSAL	1.25	1
		SM30	ACOPLE DE TRANSMISIÓN	FRESADORA UNIVERSAL 2	FALLA DE LA BOMBA DE REFRIGERANTE	0.75	
	Miércoles 17	SM38	BOCINA ESPACIADORA DE RUEDA	TORNO TOVAGLIERI	USILLO DESCENTRADO	1.50	1.25
		SMC16	LABERINTO HEMBRA U35	TORNO NARDINI	FALLA DEL AVANCE AUTOMATICO DEL CARRO TRASVERSAL	1.25	
		SMC06	EJES U35	FRESADORA UNIVERSAL 2	PERNO DE SUJECIÓN DESGASTADO	1.00	
	Lunes 22	SMC16	LABERINTO HEMBRA U35	TORNO TOVAGLIERI	USILLO DESCENTRADO	1.75	1.25
		SMC17	LABERINTO MACHO U35	TORNO DMTG	EXCESO DE SUCIEDAD EN GUIAS	0.75	
	Martes 23	S/C	TOPE DE RUEDA U35	TORNO NARDINI	FALLA DEL AVANCE AUTOMATICO DEL CARRO TRASVERSAL Y LONGITUDINAL	3.00	2.25
		SM14	CAJA DE RODAJES	TORNO DMTG	PRISIONERO DESGASTADO	1.50	
	Miércoles 24	SM17	TAPA DE CAJA DE RODAJES POSTERIOR	TORNO NARDINI	FALLA DEL AVANCE AUTOMATICO DEL CARRO TRASVERSAL Y LONGITUDINAL	0.75	1
		SM36	ACOPLE DE TRANSMISIÓN MOTOR	FRESADORA UNIVERSAL 1	FALLA DE LA BOMBA DE REFRIGERANTE	1.25	
				TOTAL		17.75	

Fuente: Elaboración propia

## Pre-test

### Indicadores del Mantenimiento Preventivo antes de la Implementación

En esta parte se evaluará los indicadores de la variable independiente, Mantenimiento Preventivo, siendo estos el Mantenimiento Periódico y Mantenimiento de Fiabilidad; se calculará dichos indicadores con respecto a la situación actual de la empresa, es decir antes de la implementación en el área de mecanizado. Los datos ingresados en las tablas han sido recopilados por 60 días (lunes-sábado), siendo estos reales y confiables, validados por el gerente de operaciones.

### Mantenimiento Periódico

Medido por el indicador Cumplimiento de Mantenimiento Periódico, en un tiempo de 60 días, con el objetivo de mostrar la situación actual de la variable independiente en la presente investigación.

**Tabla 13:** *Cálculo del Mantenimiento Periódico antes de la Implementación*

DIMENCIÓN	CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PERIODICO				
INDICADOR	$CMP = \left( \frac{MR}{MP} \right) \times 100\%$				
MES	Nº DATO	DIA	MANTENIMIENTO REALIZADO (MR)	MANTENIMIENTO PLANIFICADO (MP)	CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO (CMP)
A B R I L	1	Lunes 15	6	9	66.7%
	2	Martes 16	6	9	66.7%
	3	Miércoles 17	7	9	77.8%
	4	Lunes 22	6	9	66.7%
	5	Martes 23	7	9	77.8%
	6	Miércoles 24	7	9	77.8%
	7	Jueves 25	5	9	55.6%
	8	Viernes 26	5	9	55.6%
	9	Sabado 27	8	9	88.9%
	10	Lunes 29	5	9	55.6%
	11	Martes 30	6	9	66.7%




M A Y O	12	Jueves 02	7	9	77.8%
	13	Viernes 03	5	9	55.6%
	14	Sabado 04	9	9	100.0%
	15	Lunes 06	8	9	88.9%
	16	Martes 07	8	9	88.9%
	17	Miercoles 08	7	9	77.8%
	18	Jueves 09	8	9	88.9%
	19	Viernes 10	5	9	55.6%
	20	Sabado 11	9	9	100.0%
	21	Lunes 13	5	9	55.6%
	22	Martes 14	5	9	55.6%
	23	Miercoles 15	5	9	55.6%
	24	Jueves 16	8	9	88.9%
	25	Viernes 17	5	9	55.6%
	26	Sabado 18	9	9	100.0%
	27	Lunes 20	6	9	66.7%
	28	Martes 21	8	9	88.9%
	29	Miercoles 22	6	9	66.7%
	30	Jueves 23	5	9	55.6%
	31	viernes 24	8	9	88.9%
	32	sabado 25	9	9	100.0%
	33	Lunes 27	5	9	55.6%
	34	Martes 28	5	9	55.6%
	35	Miercoles 29	7	9	77.8%
	36	Jueves 30	6	9	66.7%
	37	Viernes 31	7	9	77.8%
J U N I O	38	Sabado 01	6	9	66.7%
	39	Lunes 03	6	9	66.7%
	40	Martes 04	6	9	66.7%
	41	Miercoles 05	7	9	77.8%
	42	Jueves 06	5	9	55.6%
	43	Viernes 07	6	9	66.7%
	44	Sabado 08	9	9	100.0%
	45	Lunes 10	6	9	66.7%
	46	Martes 11	6	9	66.7%
	47	Miercoles 12	7	9	77.8%
	48	Jueves 13	7	9	77.8%
	49	Viernes 14	6	9	66.7%
	50	Sabado 15	9	9	100.0%
	51	Lunes 17	8	9	88.9%
	52	Martes 18	8	9	88.9%
	53	Miercoles 19	6	9	66.7%
	54	Jueves 20	5	9	55.6%
	55	Viernes 21	7	9	77.8%
	56	Sabado 22	9	9	100.0%
	57	Lunes 24	6	9	66.7%
	58	Martes 25	5	9	55.6%
	59	Miercoles 26	5	9	55.6%
	60	Jueves 27	8	9	88.9%
TOTAL					73.3%

Fuente: Elaboración propia

## Mantenimiento de Fiabilidad

Medido por el indicador Índice de Fiabilidad, en un tiempo de 60 días, con el objetivo de mostrar la situación actual de la variable independiente en la presente investigación.

**Tabla 14:** *Cálculo del Mantenimiento de Fiabilidad antes de la Implementación*

DIMENSIÓN	INDICE DE FIABILIDAD				
INDICADOR	$IF = \left( \frac{TF}{TPA + TF} \right) X 100\%$				
MES	N° DATO	DIA	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (TF)	TIEMPO PROMEDIO DE AVERIAS DIARIAS	INDICE DE FIABILIDAD (IF)
A B R I L	1	Lunes 15	6.5	1.5	81.3%
	2	Martes 16	7	1	87.5%
	3	Miércoles 17	6.75	1.25	84.4%
	4	Lunes 22	6.75	1.25	84.4%
	5	Martes 23	5.75	2.25	71.9%
	6	Miércoles 24	6.75	1.25	84.4%
	7	Jueves 25	6	2	75.0%
	8	Viernes 26	6.5	1.5	81.3%
	9	Sabado 27	7	1	87.5%
	10	Lunes 29	6.75	1.25	84.4%
	11	Martes 30	6	2	75.0%
M A Y O	12	Jueves 02	5.75	2.25	71.9%
	13	Viernes 03	6	2	75.0%
	14	Sabado 04	6	2	75.0%
	15	Lunes 06	6.5	1.5	81.3%
	16	Martes 07	7	1	87.5%
	17	Miercoles 08	6.75	1.25	84.4%
	18	Jueves 09	5	3	62.5%
	19	Viernes 10	5.75	2.25	71.9%
	20	Sabado 11	6.75	1.25	84.4%
	21	Lunes 13	6	2	75.0%
	22	Martes 14	6.5	1.5	81.3%
	23	Miercoles 15	7.25	0.75	90.6%
	24	Jueves 16	6.75	1.25	84.4%
	25	Viernes 17	5	3	62.5%
	26	Sabado 18	5.75	2.25	71.9%
	27	Lunes 20	6.25	1.75	78.1%
	28	Martes 21	6	2	75.0%
	29	Miercoles 22	6.5	1.5	81.3%
	30	Jueves 23	7	1	87.5%
	31	viernes 24	6	2	75.0%
	32	sabado 25	6.5	1.5	81.3%
	33	Lunes 27	7.25	0.75	90.6%
	34	Martes 28	6.75	1.25	84.4%
	35	Miercoles 29	5	3	62.5%
	36	Jueves 30	5.75	2.25	71.9%
	37	Viernes 31	6.25	1.75	78.1%

J U N I O	38	Sabado 01	6	2	75.0%
	39	Lunes 03	6.5	1.5	81.3%
	40	Martes 04	6	2	75.0%
	41	Miercoles 05	6	2	75.0%
	42	Jueves 06	6.5	1.5	81.3%
	43	Viernes 07	7	1	87.5%
	44	Sabado 08	6.75	1.25	84.4%
	45	Lunes 10	6.75	1.25	84.4%
	46	Martes 11	6.25	1.75	78.1%
	47	Miercoles 12	6.75	1.25	84.4%
	48	Jueves 13	6	2	75.0%
	49	Viernes 14	6.5	1.5	81.3%
	50	Sabado 15	6.5	1.5	81.3%
	51	Lunes 17	7.25	0.75	90.6%
	52	Martes 18	6.5	1.5	81.3%
	53	Miercoles 19	5.75	2.25	71.9%
	54	Jueves 20	6.25	1.75	78.1%
	55	Viernes 21	6	2	75.0%
	56	Sabado 22	6.5	1.5	81.3%
	57	Lunes 24	7	1	87.5%
	58	Martes 25	6.5	1.5	81.3%
	59	Miercoles 26	6.25	1.75	78.1%
	60	Jueves 27	7.5	0.5	93.8%
TOTAL					79.7%

Fuente: Elaboración propia


### Indicadores de la Productividad antes de la implementación

En esta parte se evaluará los indicadores de la productividad, siendo estos la eficiencia y eficacia; se calculará dichos indicadores con respecto a la situación actual de la empresa, es decir antes de la implementación del mantenimiento preventivo en el área de mecanizado. Los datos ingresados en las tablas han sido recopilados por 60 días (lunes-sábado), siendo estos reales y confiables, validados por el gerente de operaciones.

#### Eficiencia

La eficiencia se presentará por día. Se recolecto datos por 60 días en base a los indicadores de la eficiencia, con el fin de encontrar a la situación actual de la variable dependiente de la presente investigación.

**Tabla 15:** *Cálculo de la eficiencia antes de la propuesta*

DIMENSIÓN		EFICIENCIA			
INDICADOR	$TP = \left( \frac{HMA - HMB}{HMA} \right) \times 100 \%$				
MES	N° DATO	DIA	HORAS MAQUINA PROGRAMADA (HMA)	HORAS MAQUINA PERDIDAS (HMB)	CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PERIODICO (CMP)
A B R I L	1	Lunes 15	8	1.5	81.3%
	2	Martes 16	8	1	87.5%
	3	Miércoles 17	8	1.25	84.4%
	4	Lunes 22	8	1.25	84.4%
	5	Martes 23	8	2.25	71.9%
	6	Miércoles 24	8	1.25	84.4%
	7	Jueves 25	8	2	75.0%
	8	Viernes 26	8	1.5	81.3%
	9	Sabado 27	8	1	87.5%
	10	Lunes 29	8	1.25	84.4%
	11	Martes 30	8	2	75.0%
M A Y O	12	Jueves 02	8	2.25	71.9%
	13	Viernes 03	8	2	75.0%
	14	Sabado 04	8	2	75.0%
	15	Lunes 06	8	1.5	81.3%
	16	Martes 07	8	1	87.5%
	17	Miercoles 08	8	1.25	84.4%
	18	Jueves 09	8	3	62.5%
	19	Viernes 10	8	2.25	71.9%
	20	Sabado 11	8	1.25	84.4%
	21	Lunes 13	8	2	75.0%
	22	Martes 14	8	1.5	81.3%
	23	Miercoles 15	8	0.75	90.6%
	24	Jueves 16	8	1.25	84.4%
	25	Viernes 17	8	3	62.5%
	26	Sabado 18	8	2.25	71.9%
	27	Lunes 20	8	1.75	78.1%
	28	Martes 21	8	2	75.0%
	29	Miercoles 22	8	1.5	81.3%
	30	Jueves 23	8	1	87.5%
	31	viernes 24	8	2	75.0%
	32	sabado 25	8	1.5	81.3%
	33	Lunes 27	8	0.75	90.6%
	34	Martes 28	8	1.25	84.4%
	35	Miercoles 29	8	3	62.5%
	36	Jueves 30	8	2.25	71.9%
	37	Viernes 31	8	1.75	78.1%

J U N I O	38	Sabado 01	8	2	75.0%
	39	Lunes 03	8	1.5	81.3%
	40	Martes 04	8	2	75.0%
	41	Miercoles 05	8	2	75.0%
	42	Jueves 06	8	1.5	81.3%
	43	Viernes 07	8	1	87.5%
	44	Sabado 08	8	1.25	84.4%
	45	Lunes 10	8	1.25	84.4%
	46	Martes 11	8	1.75	78.1%
	47	Miercoles 12	8	1.25	84.4%
	48	Jueves 13	8	2	75.0%
	49	Viernes 14	8	1.5	81.3%
	50	Sabado 15	8	1.5	81.3%
	51	Lunes 17	8	0.75	90.6%
	52	Martes 18	8	1.5	81.3%
	53	Miercoles 19	8	2.25	71.9%
	54	Jueves 20	8	1.75	78.1%
	55	Viernes 21	8	2	75.0%
	56	Sabado 22	8	1.5	81.3%
	57	Lunes 24	8	1	87.5%
	58	Martes 25	8	1.5	81.3%
	59	Miercoles 26	8	1.75	78.1%
	60	Jueves 27	8	0.5	93.8%
TOTAL					79.7%


Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 15, se puede observar el cálculo de la eficiencia en el área de mecanizado mediante el uso del indicador, Tiempo de Producción, a su vez aprecia que en esta área actualmente existe una eficiencia promedio de 79.7%, esto quiere decir que de las maquinas no lograron con el cumplimiento productivo del día debido a las horas perdidas por las fallas presentes.

### Eficacia

La eficacia se presentará por día. Se recolecto datos por 60 días en base a los indicadores de la eficacia, con el fin de encontrar a la situación actual de la variable dependiente de la presente investigación.

**Tabla 16:** *Cálculo de la eficacia antes de la propuesta*

DIMENSIÓN		EFICACIA			
INDICADOR	$CP = \left(\frac{PR}{PP}\right) \times 100 \%$				
MES	Nº DATO	DIA	PRODUCCIÓN PROGRAMADA (PP)	PRODUCCIÓN REAL (PR)	CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN (CP)
A B R I L	1	Lunes 15	40	35	87.5%
	2	Martes 16	30	26	86.7%
	3	Miércoles 17	60	45	75.0%
	4	Lunes 22	50	42	84.0%
	5	Martes 23	42	36	85.7%
	6	Miércoles 24	30	27	90.0%
	7	Jueves 25	28	26	92.9%
	8	Viernes 26	30	25	83.3%
	9	Sabado 27	26	20	76.9%
	10	Lunes 29	15	13	86.7%
	11	Martes 30	26	24	92.3%
M A Y O	12	Jueves 02	25	20	80.0%
	13	Viernes 03	28	26	92.9%
	14	Sabado 04	30	28	93.3%
	15	Lunes 06	20	18	90.0%
	16	Martes 07	40	38	95.0%
	17	Miercoles 08	35	30	85.7%
	18	Jueves 09	20	15	75.0%
	19	Viernes 10	26	20	76.9%
	20	Sabado 11	28	26	92.9%
	21	Lunes 13	40	38	95.0%
	22	Martes 14	26	22	84.6%
	23	Miercoles 15	24	20	83.3%
	24	Jueves 16	30	24	80.0%
	25	Viernes 17	28	26	92.9%
	26	Sabado 18	48	43	89.6%
	27	Lunes 20	16	14	87.5%
	28	Martes 21	13	12	92.3%
	29	Miercoles 22	16	10	62.5%
	30	Jueves 23	26	22	84.6%
	31	viernes 24	22	19	86.4%
	32	sabado 25	46	45	97.8%
	33	Lunes 27	48	45	93.8%
	34	Martes 28	49	45	91.8%
	35	Miercoles 29	30	25	83.3%
	36	Jueves 30	21	18	85.7%
	37	Viernes 31	21	18	85.7%

J U N I O	38	Sabado 01	51	48	94.1%
	39	Lunes 03	51	45	88.2%
	40	Martes 04	48	42	87.5%
	41	Miercoles 05	52	45	86.5%
	42	Jueves 06	26	22	84.6%
	43	Viernes 07	34	33	97.1%
	44	Sabado 08	37	32	86.5%
	45	Lunes 10	17	16	94.1%
	46	Martes 11	42	36	85.7%
	47	Miercoles 12	47	45	95.7%
	48	Jueves 13	41	36	87.8%
	49	Viernes 14	37	32	86.5%
	50	Sabado 15	22	20	90.9%
	51	Lunes 17	40	38	95.0%
	52	Martes 18	30	25	83.3%
	53	Miercoles 19	38	35	92.1%
	54	Jueves 20	18	16	88.9%
	55	Viernes 21	30	28	93.3%
	56	Sabado 22	52	45	86.5%
	57	Lunes 24	37	32	86.5%
	58	Martes 25	16	15	93.8%
	59	Miercoles 26	22	20	90.9%
	60	Jueves 27	23	21	91.3%
TOTAL					87.8%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°16, se puede apreciar el cálculo de la eficacia en el área de mecanizado mediante el uso del indicador, cumplimiento de la producción, así mismo se evidencia la eficacia promedio actual de esta área, que es de 87.8%, lo cual quiere decir que mientras la producción del área aumente, se tendrá un área de mecanizado más eficaz.

### Productividad

La productividad se calcula en base a la toma de datos de 60 días laborales con la multiplicación de la eficiencia por eficacia, con el fin de dar a conocer la productividad actual de la empresa SERMINSA antes de la realización de la propuesta de mejora.

**Tabla 17:** *Cálculo de la productividad antes de la propuesta*

DIMENSIÓN		PRODUCTIVIDAD			
INDICADOR		$PRODUCTIVIDAD = (EFICIENCIA \times EFICACIA) \times 100 \%$			
MES	N° DATO	DIA	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
A B R I L	1	Lunes 15	81.3%	87.5%	71.1%
	2	Martes 16	87.5%	86.7%	75.8%
	3	Miércoles 17	84.4%	75.0%	63.3%
	4	Lunes 22	84.4%	84.0%	70.9%
	5	Martes 23	71.9%	85.7%	61.6%
	6	Miércoles 24	84.4%	90.0%	75.9%
	7	Jueves 25	75.0%	92.9%	69.6%
	8	Viernes 26	81.3%	100.0%	81.3%
	9	Sabado 27	87.5%	76.9%	67.3%
	10	Lunes 29	84.4%	86.7%	73.1%
	11	Martes 30	75.0%	92.3%	69.2%
M A Y O	12	Jueves 02	71.9%	80.0%	57.5%
	13	Viernes 03	75.0%	92.9%	69.6%
	14	Sabado 04	75.0%	93.3%	70.0%
	15	Lunes 06	81.3%	90.0%	73.1%
	16	Martes 07	87.5%	95.0%	83.1%
	17	Miercoles 08	84.4%	85.7%	72.3%
	18	Jueves 09	62.5%	75.0%	46.9%
	19	Viernes 10	71.9%	76.9%	55.3%
	20	Sabado 11	84.4%	92.9%	78.3%
	21	Lunes 13	75.0%	95.0%	71.3%
	22	Martes 14	81.3%	84.6%	68.8%
	23	Miercoles 15	90.6%	100.0%	90.6%
	24	Jueves 16	84.4%	80.0%	67.5%
	25	Viernes 17	62.5%	92.9%	58.0%
	26	Sabado 18	71.9%	89.6%	64.4%
	27	Lunes 20	78.1%	87.5%	68.4%
	28	Martes 21	75.0%	92.3%	69.2%
	29	Miercoles 22	81.3%	62.5%	50.8%
	30	Jueves 23	87.5%	84.6%	74.0%
	31	viernes 24	75.0%	86.4%	64.8%
	32	sabado 25	81.3%	97.8%	79.5%
	33	Lunes 27	90.6%	93.8%	85.0%
	34	Martes 28	84.4%	91.8%	77.5%
	35	Miercoles 29	62.5%	83.3%	52.1%
	36	Jueves 30	71.9%	85.7%	61.6%
	37	Viernes 31	78.1%	85.7%	67.0%





J U N I O	38	Sabado 01	75.0%	94.1%	70.6%
	39	Lunes 03	81.3%	88.2%	71.7%
	40	Martes 04	75.0%	100.0%	75.0%
	41	Miercoles 05	75.0%	86.5%	64.9%
	42	Jueves 06	81.3%	84.6%	68.8%
	43	Viernes 07	87.5%	97.1%	84.9%
	44	Sabado 08	84.4%	86.5%	73.0%
	45	Lunes 10	84.4%	94.1%	79.4%
	46	Martes 11	78.1%	85.7%	67.0%
	47	Miercoles 12	84.4%	95.7%	80.8%
	48	Jueves 13	75.0%	87.8%	65.9%
	49	Viernes 14	81.3%	86.5%	70.3%
	50	Sabado 15	81.3%	90.9%	73.9%
	51	Lunes 17	90.6%	95.0%	86.1%
	52	Martes 18	81.3%	83.3%	67.7%
	53	Miercoles 19	71.9%	92.1%	66.2%
	54	Jueves 20	78.1%	88.9%	69.4%
	55	Viernes 21	75.0%	93.3%	70.0%
	56	Sabado 22	81.3%	86.5%	70.3%
	57	Lunes 24	87.5%	86.5%	75.7%
	58	Martes 25	81.3%	100.0%	81.3%
	59	Miercoles 26	78.1%	90.9%	71.0%
	60	Jueves 27	93.8%	91.3%	85.6%
TOTAL					70.8%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°17, se puede observar el cálculo de la productividad del área de mecanizado en base al producto de la eficiencia y eficacia, siendo el promedio final de la productividad 70.8%. Se pretende aumentar el porcentaje de este indicador mediante la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en esta área.

### **Análisis de la recopilación de datos actuales**

En esta parte se mostrará el análisis total de la situación actual del área de mecanizado de la empresa SERMINSA.

**Tabla 18:** *Eficiencia, Eficacia y Productividad antes de la propuesta*

MES	DIA	EFICACIA	EFICIENCIA	PRODUCTIVIDAD
A B R I L	Lunes 15	87.5%	81.3%	71.1%
	Martes 16	86.7%	87.5%	75.8%
	Miércoles 17	75.0%	84.4%	63.3%
	Lunes 22	84.0%	84.4%	70.9%
	Martes 23	85.7%	71.9%	61.6%
	Miércoles 24	90.0%	84.4%	75.9%
	Jueves 25	92.9%	75.0%	69.6%
	Viernes 26	83.3%	81.3%	81.3%
	Sabado 27	76.9%	87.5%	67.3%
	Lunes 29	86.7%	84.4%	73.1%
	Martes 30	92.3%	75.0%	69.2%
M A Y O	Jueves 02	80.0%	71.9%	57.5%
	Viernes 03	92.9%	75.0%	69.6%
	Sabado 04	93.3%	75.0%	70.0%
	Lunes 06	90.0%	81.3%	73.1%
	Martes 07	95.0%	87.5%	83.1%
	Miercoles 08	85.7%	84.4%	72.3%
	Jueves 09	75.0%	62.5%	46.9%
	Viernes 10	76.9%	71.9%	55.3%
	Sabado 11	92.9%	84.4%	78.3%
	Lunes 13	95.0%	75.0%	71.3%
	Martes 14	84.6%	81.3%	68.8%
	Miercoles 15	83.3%	90.6%	90.6%
	Jueves 16	80.0%	84.4%	67.5%
	Viernes 17	92.9%	62.5%	58.0%
	Sabado 18	89.6%	71.9%	64.4%
	Lunes 20	87.5%	78.1%	68.4%
	Martes 21	92.3%	75.0%	69.2%
	Miercoles 22	62.5%	81.3%	50.8%
	Jueves 23	84.6%	87.5%	74.0%
	viernes 24	86.4%	75.0%	64.8%
	sabado 25	97.8%	81.3%	79.5%
	Lunes 27	93.8%	90.6%	85.0%
	Martes 28	91.8%	84.4%	77.5%
	Miercoles 29	83.3%	62.5%	52.1%
	Jueves 30	85.7%	71.9%	61.6%
	Viernes 31	85.7%	78.1%	67.0%

J U N I O	Sabado 01	94.1%	75.0%	70.6%
	Lunes 03	88.2%	81.3%	71.7%
	Martes 04	87.5%	75.0%	75.0%
	Miercoles 05	86.5%	75.0%	64.9%
	Jueves 06	84.6%	81.3%	68.8%
	Viernes 07	97.1%	87.5%	84.9%
	Sabado 08	86.5%	84.4%	73.0%
	Lunes 10	94.1%	84.4%	79.4%
	Martes 11	85.7%	78.1%	67.0%
	Miercoles 12	95.7%	84.4%	80.8%
	Jueves 13	87.8%	75.0%	65.9%
	Viernes 14	86.5%	81.3%	70.3%
	Sabado 15	90.9%	81.3%	73.9%
	Lunes 17	95.0%	90.6%	86.1%
	Martes 18	83.3%	81.3%	67.7%
	Miercoles 19	92.1%	71.9%	66.2%
	Jueves 20	88.9%	78.1%	69.4%
	Viernes 21	93.3%	75.0%	70.0%
	Sabado 22	86.5%	81.3%	70.3%
	Lunes 24	86.5%	87.5%	75.7%
	Martes 25	93.8%	81.3%	81.3%
	Miercoles 26	90.9%	78.1%	71.0%
	Jueves 27	91.3%	93.8%	85.6%
	PROMEDIO	87.8%	79.7%	70.8%

Fuente: Elaboración propia

CUADRO RESUMEN	
EFICACIA	87.8%
EFICIENCIA	79.7%
PRODUCTIVIDAD	70.8%

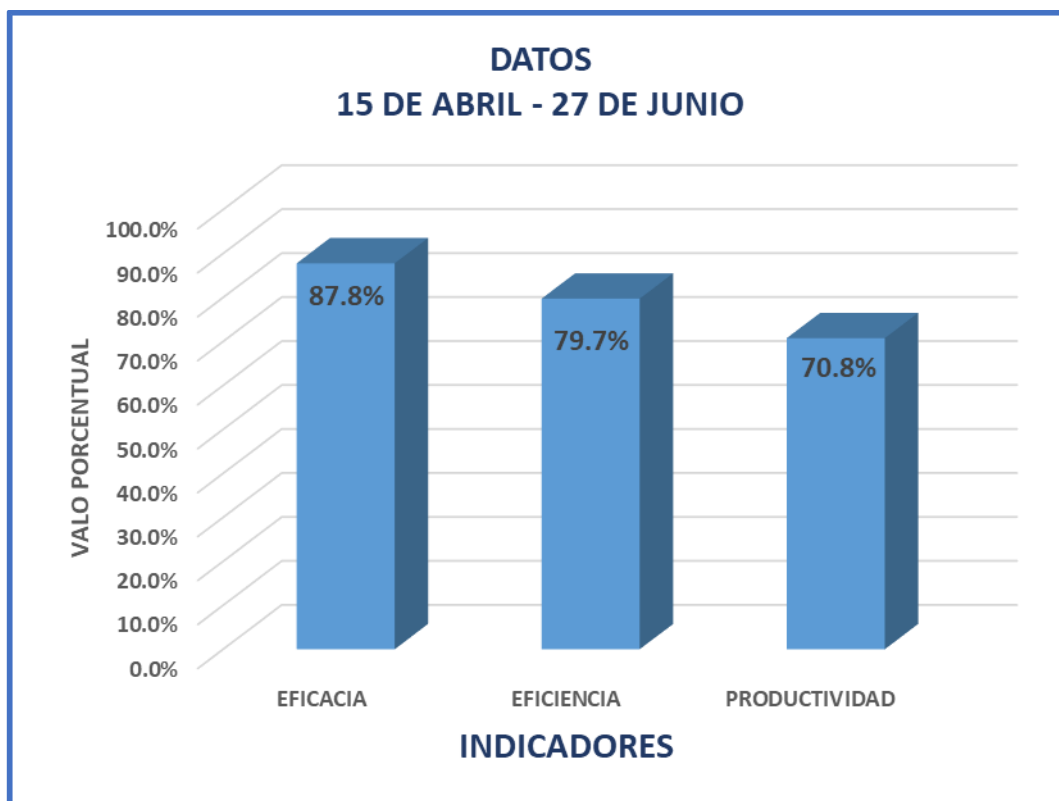


Figura 22: Eficiencia, Eficacia y Productividad antes de la propuesta

En la Figura mostrada, se detalla la baja productividad (70.8%), en el área de mecanizado antes de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo.

### **Diagnóstico de las Causas Principales**

Para poder realizar un diagnóstico de las causas principales, se trabajará en base a lo observado en la tabla de causas de Pareto (ver tabla N° 3), pues estas son las que representan el 80% de los defectos que están generando la baja productividad, por ende, se analizará la situación en la que se encuentran cada una de ellas.

**Tabla 19:** *Causas Principales de Servicios Mineros S.A .*

CÓDIGO	CAUSAS PRINCIPALES	F	F(a)	%	% ACUMULADO
C11	No cuenta con un plan de mantenimiento preventivo	30	30	18.3%	18.3%
C8	Organigrama de mantenimiento inexistente	30	60	18.3%	36.6%
C6	Inexistencia de formatos para el reporte de fallas o averías	30	90	18.3%	54.9%
C14	No hay registro de control de mantenimiento preventivo	30	120	18.3%	73.2%
C3	Los operarios no reportan las fallas presentes en el área	16	136	9.8%	82.9%
C7	Política de mantenimiento preventivo inexistente	5	141	3.0%	86.0%
C16	No existe un orden y limpieza adecuada	5	146	3.0%	89.0%
C9	Manipulación incorrecta de las maquinas	5	151	3.0%	92.1%
C2	No cuentan con un programa de Capacitación sobre mantenimiento	5	156	3.0%	95.1%
C1	Personal técnico no capacitado	5	161	3.0%	98.2%
C10	Herramientas inadecuadas para el área de mecanizado	3	164	1.8%	100.0%
C5	Repuestos de baja calidad	0	164	0.0%	100.0%
C4	Mala utilización de repuestos	0	164	0.0%	100.0%
C12	Inadecuado control en la calibración de los equipos	0	164	0.0%	100.0%
C13	Equipos de medición en mal estado	0	164	0.0%	100.0%
C15	Ambiente con poca iluminación y ventilación	0	164	0.0%	100.0%
		164		100%	

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 19 se puede evidenciar las principales causas que generan una baja productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A. son:



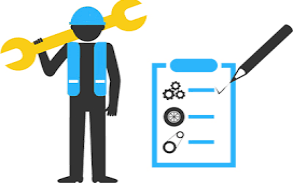
- No cuenta con un plan de mantenimiento preventivo.
- Flujo grama de procesos de mantenimiento inexistente.
- Falta de capacitación sobre mantenimiento preventivo.
- Política de mantenimiento preventivo inexistente.
- Manipulación incorrecta de las máquinas.
- Personal técnico no capacitado.
- No posee stock en almacén.
- No existe un orden y limpieza adecuada.
- Los operarios no reportan las fallas presentes en el área.
- Repuestos de baja calidad.

### 2.7.2 Propuesta de mejora

Una vez que se halla dado a conocer la situación actual de la empresa SERMINSA el de poseer una baja productividad en el área de mecanizado, generada por los problemas de mantenimiento presentes en esta misma, se procede a proponer un plan de mantenimiento preventivo en las máquinas, lo cual ayudara a reducir las paradas no programadas en el proceso productivo, y a su vez lograr el objetivo principal de mejorar la productividad con un mantenimiento periódico y fiabilidad en el funcionamiento de las máquinas.

El calendario de actividades a realizar muestra el tiempo que se empleara para la propuesta del plan de mantenimiento preventivo en el cual se tomó como base de datos el tipo de maquinaria, las recomendaciones de fabricante y las intervenciones de mantenimiento correctivo que se utiliza constante en esta área. Estas actividades se realizarán por parte de los investigadores con aprobación del jefe de operaciones.

**Tabla 20:** *Alternativa de Solución*

CAUSAS	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	
No cuenta con un plan de mantenimiento preventivo.	Plan de Mantenimiento Preventivo	
	Cronogramas de Mantenimientos	
Organigrama de mantenimiento Inexistente	Plan de Mantenimiento Preventivo	
	Formatos de Organigramas	
Inexistencias de formatos para el reporte de averías o fallas	Elaboracion de formatos	
	Reguistro de Fallas	
No hay registro de control de mantenimiento preventivo	Plan de mantenimiento Preventivo	

Fuente: Elaboración propia

Se propone implementar:

❖ Inventario de los equipos del área de mecanizado.

Se elaborará un listado de las máquinas del área de mecanizado para saber cuáles son las que se tomarán en cuenta en programa de mantenimiento preventivo. (MONTILLA, 2016, p. 63).

❖ La codificación de los equipos existentes en el área de mecanizado.

Para saber que máquinas posee esta área, primero se realizará un inventario y luego se codificará realizando una identificación alfanumérica del área, máquina y componentes, con el fin de identificar cada máquina fácilmente (MONTILLA, 2016, p. 63).

❖ Cronograma de actividades de mantenimiento.

Se realizará un cronograma de mantenimiento preventivo, en donde se detallará las fechas en las cuales se llevará a cabo el mantenimiento preventivo.

❖ Fichas técnicas de los equipos.

La ficha técnica ayudará en la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo ya que es aquí donde se registrará toda información de la máquina, como: nombre, código, actividad que realiza y características de la misma, de esta manera se tendrá el repuesto listo para el cambio de ser necesario.

❖ Ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo.

Es aquí donde se detallará toda la información, como: la fecha de inspección, el tiempo de ejecución del mantenimiento, el nombre de la máquina al que se le está realizando el mantenimiento, el material que sea empleado para llevar a cabo este mantenimiento, etc. Todo esto servirá como datos para conocer los costos de las actividades de mantenimiento (MONTILLA, 2016, p. 63).

❖ Capacitaciones al personal de mantenimiento.

Con el fin de orientar al personal de mantenimiento, al personal técnico y superior de área para llevar acabo la propuesta de mantenimiento con participación conjunta.

❖ Órdenes de compra de repuestos.

Con el fin de prepararse para la realización del mantenimiento preventivo, se propondrá órdenes de compra de insumos necesarios en stock.

❖ Revisiones preventivas de mantenimiento.

Para tener un control de la propuesta se realizarán formatos de revisiones diarias, y así verificar el cumplimiento de las tareas de lubricación, electricidad y mecánica ejecutadas por el operario y trazadas por el jefe de mantenimiento (MONTILLA, 2016, p. 63).

❖ Procedimiento de Uso y Limpieza (Lista verificación)

Contando ya con un plan de mantenimiento preventivo en el área de mecanizado, se inspeccionará las máquinas, mediante la utilización de un documento de Procedimiento para las revisiones programadas de mantenimiento.



## Cronograma de implementación de un plan de mantenimiento preventivo

**Tabla 21:** Diagrama de Gantt de la propuesta

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE MECANIZADOS DE LA EMPRESA SERVICIOS MINEROS S.A., 2019																				
FASE	ETAPA	ACTIVIDADES	MES																	
			JUNIO	JULIO	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
					SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
I N T R O D U C C I Ó N	Metas y objetivos	Presentación de la propuesta a la jefatura																		
	Inventario, codificación y determinación de las maquinas	Inventario y codificación general de maquinas																		
	Elaborar formatos de mantenimiento	Elaboración de formatos de mantenimiento e inspecciones.																		
		Definir frecuencias de mantenimiento																		
		Elaboración de Cronograma de actividades de mantenimiento preventivo.																		
I M P L E M E N T A C I Ó N	Programación del Mantenimiento	Implementación y prueba de la propuesta																		
		Capacitación al personal																		
		Recopilación de los datos (según nuestros indicadores) de la situación actual de la empresa																		
	Revisión y control del Plan de mantenimiento	Verificar y evaluar el plan de mantenimiento preventivo																		
		Control del plan de mantenimiento preventivo																		

Fuente: Elaboración propia

### 2.7.3 Ejecución de la Propuesta

#### Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo

En esta fase se realizará la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, con el objetivo de mejorar la productividad del área de macizado, la cual se encuentra actualmente en un 70.8 %.

#### Lista de Defectos en los Equipos

**Tabla 22:** Lista de fallas y averías existentes en los equipos del área de mecanizado de Serminsá

ÍTEM	CÓDIGO INTERNO	EQUIPO	LISTA DE FALLAS/AVERÍAS/ OBSERVACIONES
1	MTCNC-001	TORNO CNC ST-35	Falta de limpieza de refrigerante Falta de limpieza y lubricación del colector de viruta
2	MTP-001	TORNO PARALELO DMTG	No funciona la bomba de refrigerante Falta alinear la base de soporte del torno Falta de limpieza del tablero electrónico Falta limpieza guardas de protección Falta de lubricación de la caja de engranajes Falta de limpieza del tanque de requirerante
3	MTP-003	TORNO PARALELO TOVAGLIERI	No posee boton de emergencia No funciona el avance automatico del carro trasversal No funciona la bomba de refrigerante Falta alinear la base de soporte del torno Falta de limpieza del tablero electrónico Falta limpieza guardas de protección Falta de lubricación de la caja de engranajes Falta sellar los compartimiento(Escape de aceite) Falta de limpieza del tanque de requirerante
4	MTP-004	TORNO PARALELO NARDINI	Posee un juego excesivo en las guías del carro superior No funciona la bomba de refrigerante Las guías del carro longitudinal estan desalineadas Las guías del carro trasversal estan desalineadas No resiste cortes superiores a 1mm El contra punto esta desalineado con el usillo Falta de limpieza del tablero electrónico Falta limpieza guardas de protección Falta de lubricación de la caja de engranajes Falta de limpieza del tanque de requirerante No funciona el tornillo patron No posee boton de emergencia
5	MFU-001	FRESADORA UNIVERSAL	Requiere limpieza general Falta los cables del tablero eléctrico No funciona la bomba de refrigerante Requiere magueras para la emisión del refrigerante Requiere adicionar un boton de emergencia auxiliar debido a la dimensión del equipo
6	MFU-002	FRESADORA UNIVERSAL PEQUEÑA	Requiere de botón de emergencia No funciona los avances automaticos del carro trasversal, longitudinal y altura Falta de guardas de protección Falta de limpieza y Mtto general No funciona la bomba de refrigerante Requiere mangueras para el sistema de emosi3n de refrigerante

Fuente: Elaboración Propia

En la anterior tabla (Tabla N° 22), se evidencia un registro de fallas y averías presentes en el área de mecanizado, el cual se pretende eliminar mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

### **Etapas 1: Determinar metas y objetivos del mantenimiento**

Mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa Servicios Mineros S.A., se va acceder a su principal objetivo, el cual es incrementar la productividad del área de mecanizado, incrementar su eficiencia y eficacia productiva, beneficiando de esta manera a toda la línea productiva de la empresa, y accediendo a una satisfacción del cliente en cuanto a tiempo y precio.

#### **Metas y Objetivos:**

- Mejorar la Productividad
- Mejorar la Eficiencia y Eficacia
- Implementar el Mantenimiento Preventivo
- Mantener el Mantenimiento
- Mejora Continua

### **Etapas 2: Inventario, codificación y determinación de las maquinas**

#### **Inventario de los equipos**

Contando con el inventario se podrá saber el número de equipos existentes en el área donde se realizará la mejora.

En base a esto, en la siguiente tabla se manifiestan los 6 equipos presentes en el área de mecanizado, con sus respectivos códigos y nombres propios en base a su función operativa, a su vez estos equipos ya poseen un índice de fallas a falta de un mantenimiento preventivo.

**Tabla 23:** *Inventario de los equipos del área de mecanizado de Serminsa*

INVENTARIO DE EQUIPOS				
UT	CÓDIGO INTERNO	EQUIPO	ESTADO	FOTO
1	MTCNC-001	TORNO CNC ST-35	OPERATIVO	
2	MTP-001	TORNO PARALELO DMTG	OPERATIVO	
3	MTP-003	TORNO PARALELO TOVAGLIERI	OPERATIVO	
4	MTP-004	TORNO PARALELO NARDINI	OPERATIVO	
5	MFU-001	FRESADORA UNIVERSAL	OPERATIVO	
6	MFU-002	FRESADORA UNIVERSAL PEQUEÑA	OPERATIVO	

Fuente: Elaboración propia

## La codificación de los equipos

Todos los equipos de una instalación deben estar clasificados por código numérico o alfanumérico que permita su fácil identificación, de manera que solo leyendo este código se sepa que equipo es y para qué sirve. De la misma manera permitirá que a los equipos se les puedan asignar órdenes de trabajo como también su documentación técnica respectiva.

**Tabla 24:** Codificación de Equipos del área de mecanizado de Serminsa.

CÓDIGO INTERNO	EQUIPO
MTCNC-001	TORNO CNC ST-35
MTP-001	TORNO PARALELO DMTG
MTP-003	TORNO PARALELO TOVAGLIERI
MTP-004	TORNO PARALELO NARDINI
MFU-001	FRESADORA UNIVERSAL
MFU-002	FRESADORA UNIVERSAL PEQUEÑA

Fuente: Elaboración propia



Figura 23: Codificación de Equipos

### **Determinar la maquinaria y equipo a incluir en el mantenimiento**

En el mantenimiento preventivo se incluirán las 6 máquinas del área de mecanizado, las cuales son: el torno CNC, los 3 tornos paralelos y las 2 fresadoras, de las cuales solo al torno Nardini se realizarán mantenimiento rutinario, debido al gasto innecesario que daría incluirlo en el plan de mantenimiento ya que es una maquina muy antigua y e poco funcionamiento, por ello la empresa pretende adquirí uno nuevo próximamente.

### **Etapas 3: Elaborar formatos y actividades de mantenimiento**

#### **Cronograma de mantenimiento**

Mediante el cronograma de mantenimiento se definirá los programas de mantenimiento a los equipos del área de mecanizado de la empresa Serminsa, a través de actividades periódicas preventivas, con el objetivo de mejorar la fiabilidad de estos y aumentar la productividad del área.

**Tabla 25: Cronograma anual de mantenimiento de Sermins.**

CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y LUBRICACIÓN SERVICIOS MINEROS S.A.																																																				
CÓDIGO	EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO	2019												2020																																			
					SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
MTCNC-001	TORNO CNC ST-35	Limpieza de guardas de protección.	Rutinario	OPERADOR																																																
		Limpieza de recolector de viruta.	Rutinario	OPERADOR																																																
		Limpieza de usillo y mordazas.	Semanal	OPERADOR																																																
		Limpieza de torreta y bloques de torneado.	Semanal	OPERADOR																																																
		Limpieza de bancada y contra punto.	Semanal	OPERADOR																																																
		Limpieza de tablero de control.	Semanal	OPERADOR																																																
		Lubricación de chuck.	Semanal	OPERADOR																																																
		Limpieza de refrigerante y filtros.	Semanal	PRACTICANTES MITO																																																
		Inspección del suministro de aire, filtros y porcentaje de refrigerante.	Semanal	PRACTICANTES MITO																																																
		Llenado del tanque de aceite.	Mensual	PRACTICANTES MITO																																																
		Limpieza de filtros de aire.	Semestral	PRACTICANTES MITO																																																
		Limpieza de tanque de refrigerante.	Semestral	PRACTICANTES MITO																																																
		Cambio de refrigerante.	Semestral	PRACTICANTES MITO																																																
		Limpieza general de recolector de viruta.	Anual	TÉCNICOS ESPECIALISTAS																																																
Revisión general mecánica, eléctrica y neumática.	Anual	TÉCNICOS ESPECIALISTAS																																																		
Mantenimiento mecánico, eléctrico, neumático, sistema de refrigeración y sistema de lubricación.	Anual	TÉCNICOS ESPECIALISTAS																																																		
MTP-001	TORNO PARALELO DMTG	Lubricación y limpieza de bancada, carro longitudinal, transversal, superior, tornicillo patrón y contra punto.	Rutinario	OPERADOR																																																
		Limpieza de guardas de protección.	Semanal	OPERADOR																																																
		Limpieza de usillo, plato universal, y contrapunto.	Semanal	PRACTICANTES MITO																																																
		Limpieza de refrigerante.	Mensual	PRACTICANTES MITO																																																
		Limpieza de tanque de refrigerante.	Trimestral	PRACTICANTES MITO																																																
		Lubricación de la caja norton	Trimestral	PRACTICANTES MITO																																																
		Lubricación del tren de engranajes.	Trimestral	PRACTICANTES MITO																																																
		Limpieza de filtros de refrigerante.	Trimestral	PRACTICANTES MITO																																																
		Revisión y ajuste de fajas de transmisión y revisión mecánica.	Semestral	TÉCNICO MITO MECÁNICO																																																
		Inspección eléctrica.	Semestral	TÉCNICO MITO ELÉCTRICO																																																
		Inspección mecánica.	Anual	TÉCNICO MITO MECÁNICO																																																
		Inspección, regulación y ajuste del juego de las guías y partes móviles deacuerdo al desgaste.	Anual	TÉCNICO MITO MECÁNICO																																																
		Revisión general.	Anual	TÉCNICO MITO MECÁNICO/ELÉCTRICO																																																
		MTP-002	TORNO PARALELO TOVAGLIERI	Lubricación y limpieza de bancada, carro longitudinal, transversal, superior, tornicillo patrón y contra punto.	Rutinario	OPERADOR																																														
Limpieza de guardas de protección.	Semanal			OPERADOR																																																
Limpieza de usillo, plato universal, y contrapunto.	Semanal			PRACTICANTES MITO																																																
Limpieza de refrigerante.	Mensual			PRACTICANTES MITO																																																
Limpieza de tanque de refrigerante.	Trimestral			PRACTICANTES MITO																																																
Lubricación de la caja norton	Trimestral			PRACTICANTES MITO																																																
Lubricación del tren de engranajes.	Trimestral			PRACTICANTES MITO																																																
Limpieza de filtros de refrigerante.	Trimestral			PRACTICANTES MITO																																																
Revisión y ajuste de fajas de transmisión y revisión mecánica.	Semestral			TÉCNICO MITO MECÁNICO																																																
Inspección eléctrica.	Semestral			TÉCNICO MITO ELÉCTRICO																																																
Inspección mecánica.	Anual			TÉCNICO MITO MECÁNICO																																																
Inspección, regulación y ajuste del juego de las guías y partes móviles deacuerdo al desgaste.	Anual			TÉCNICO MITO MECÁNICO																																																
Revisión general.	Anual			TÉCNICO MITO MECÁNICO/ELÉCTRICO																																																

[illegible]

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 26:** *Cronograma de mantenimiento Rutinario, Mensual y Semanal de Sermins.*

[illegible]



En la tabla presentada N° 25 y N° 26, se da a notar el cronograma anual, rutinario y mensual que se realizara para los 6 equipos del área de mecanizado, se define el personal por el cual serán realizadas estas actividades y la frecuencia con la cual se darán, tanto diarias, semanales como trimestrales.

### Flujo grama de Información de Mantenimiento Preventivo

REY (2001) la veracidad de la información es necesaria para que se pueda realizar una programación eficiente de mantenimiento preventivo, de la misma manera el programa de mantenimiento debe ser flexible respecto al momento en el cual se realizara la revisión programada (p.39)

En el área de mecanizado se sigue un flujo grama de información para facilitar la realización del mantenimiento ya programado.

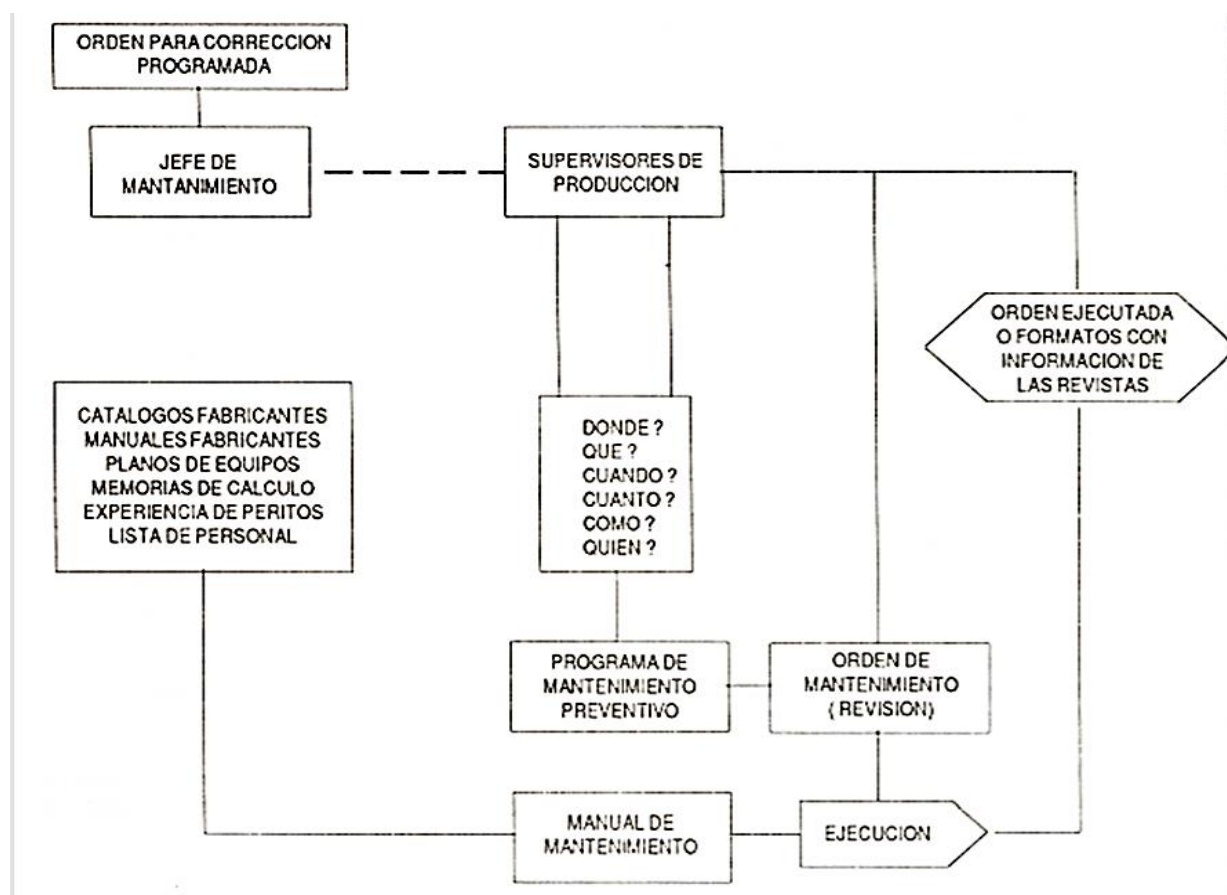


Figura 24: Manual de mantenimiento Francisco Rey (2001)

## Ficha técnica de equipos

 <b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</b>		FECHA:	27/08/2019
		VERSIÓN:	0.0
		ELABORADO POR:	J.BALDEON
NOMBRE DEL EQUIPOS:	TORNO CNC	CÓDIGO DE INVENTARIO:	RM-FT-003
MODELO:	ST35	FECHA DE COMPRA:	MARZO DEL 2019
MARCA/PROCEDECENCIA:	HAAS/U.S.A.	N° DE INVENTARIO:	3
N° SERIE:	3113661	UBICACIÓN:	ÁREA DE MECANIZADO
CÓDIGO INTERNO	MTP-001	CANTIDAD:	1



ACCESORIOS:					
CONTRA PUNTO	BLOQUES PORTA HERRAMIENTAS	PLATO UNIVERSAL	JUEGO DE MORDAZAS DURAS	CENTRO GIRATORIO	JUEGO DE MORDAZAS BLANDAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:					
ESPECIFICACIONES GENERALES	USILLO	CARROS:	MOTOR PRINCIPAL	LUBRICACIÓN	REFRIGERACIÓN / SISTEMA NEUMÁTICO
Largo:	RPM máximo:	Long. recorrido eje X:	Potencia:	Por bomba:	Capacidad tanque:
3.5 m	2500	318 mm	15.4 Kw	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	208 Litros / 55 Gal
Ancho:	Ø Interior chuck:	Long. recorrido eje Z:	Voltaje:	Por salpique:	Tipo:
2.3 m	120 mm	660 mm	220 V	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Refrigeración automática mediante comandos iso.
Alto:	Ø Interior usillo:	Long. recorrido eje B:	RPM	Manual:	
1.9 m	110 mm			Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Peso:	Ø Mínimo sujeción:	N° herramientas torreta:	Empuje:	Automática:	Tipo de refrigerante:
6500 Kg	35 mm	12	18.2 KN(X) y 22.7 KN(Z)	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Semi sintético/Sintético
Monitor:	Ø Maximo sujeción:		Frecuencia	Tipo de aceite:	Presión mínima aire:
LCD 15"	510 mm		60 Hz.		80 Psi o 5.5 Bar
	Sujeción mínima Ø int.:		N° serie:	Tipo de grasa(P/Chuck):	Aire requerido:
	180 mm				113 L/min
	Cono contrapunto:		Cant. Servomotores:		
	4		6		

RECOMENDACIONES DE USO:	
<p>Es indispensable el uso de EPPs en los diversos procesos de mecanizado de esta maquina-herramienta, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lentes de seguridad</li> <li>-Casco de seguridad</li> <li>-Guantes anticorte</li> <li>-Tapones auditivos u orejeras</li> <li>-Zapatos de seguridad con punta de acero</li> </ul>	<p>Evitar en lo posible utilizar ropas holgadas, aretes, anillos, entre otros accesorios que puedan enredarse en los componentes móviles de la maquinaria.</p>

Figura 25: Ficha Técnica del Torno CNC, Serminsa

 <b>SERMINSA</b> <small>LOCOMOTORAS MINERAS</small>		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		FECHA: 27/08/2019	
				VERSIÓN: 0.0	
				ELABORADO POR: J.BALDEON	
NOMBRE DEL EQUIPOS:	TORNO PARALELO	CÓDIGO DE INVENTARIO:	RM-FT-005		
MODELO:	TV-460	FECHA DE COMPRA:	---		
MARCA/PROCEDENCIA:	TOVAGLIERI/ITALIANO	N° DE INVENTARIO:	5		
N° SERIE:	S/S	UBICACIÓN:	ÁREA DE MECANIZADO		
CÓDIGO INTERNO	MTP-002	CANTIDAD:	1		
					
<b>ACCESORIOS:</b>					
CONTRA PUNTO	LUNETA FIJA	PLATO UNIVERSAL	PLATO DE MORDAZAS INDEPENDIENTES	CENTRO GIRATORIO	
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b>					
ESPECIFICACIONES GENERALES	USILLO	CARROS: (Medidas maximas mecanizado)	MOTOR PRINCIPAL	LUBRICACIÓN	REFRIGERACIÓN
Largo:	N° velocidades:	Carro longitudinal:	Potencia:	Por bomba:	Tipo:
3.1 m	18	1400 mm	---	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Enfriamiento por líquido refrigerante a la herramienta de trabajo (Refrigerante sintético, refrigerante semi sintético, o refrigerante orgánico)
Ancho:	Gama velocidades:	Carro transversal:	Voltaje:	Por salpique:	
1.2 m	15-2400 RPM	450 mm	220 V	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Alto:	Cono contrapunto:	Carro superior (CS):	RPM	Manual:	
1.2 m	3	150 mm	---	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Peso:	Ø Interior usillo:	Long. Salida contrapunto:	Frecuencia	Automática:	
---	52 mm	200 mm	60 Hz.	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Roscado
Posee escote:	Ø Maximo sujeción:	Ángulo inclinación CS:	N° serie:	Tipo de aceite:	Sistema Métrico Sistema ingles
Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	400 mm	150 mm	---		
<b>RECOMENDACIONES DE USO:</b>					
<p>Es indispensable el uso de EPPs en los diversos procesos de mecanizado de esta maquina-herramienta, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lentes de seguridad</li> <li>-Guantes anticorte</li> <li>-Zapatos de seguridad con punta de acero</li> <li>-casco de seguridad</li> <li>-Tapones auditivos u orejeras</li> </ul>			<p>Evitar en lo posible utilizar ropas holgadas, aretes, anillos, entre otros accesorios que puedan enredarse en los componentes móviles de la maquinaria.</p>		

Figura 26: Ficha técnica del Torno Paralelo, Serminsa

 <b>SERMINSA</b> <small>LOCOMOTORAS MINERAS</small>		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		FECHA:	27/08/2019
				VERSIÓN:	0.0
				ELABORADO POR:	J.BALDEON
NOMBRE DEL EQUIPO:	TORNO PARALELO	CÓDIGO DE INVENTARIO:	RM-FT-004		
MODELO:	CW6280C	FECHA DE COMPRA:	---		
MARCA/PROCEDENCIA:	DMTG/CHINA	N° DE INVENTARIO:	4		
N° SERIE:	G3061	UBICACIÓN:	ÁREA DE MECANIZADO		
CÓDIGO INTERNO	MTP-001	CANTIDAD:	1		
					
<b>ACCESORIOS:</b>					
CONTRA PUNTO	LUNETAS FIJAS	PLATO UNIVERSAL	PLATO DE MORDAZAS INDEPENDIENTES	CENTRO GIRATORIO	
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b>					
ESPECIFICACIONES GENERALES	USILLO	CARROS:	MOTOR PRINCIPAL	LUBRICACIÓN	REFRIGERACIÓN
Largo:	N° velocidades:	Carro longitudinal:	Potencia:	Por bomba:	Tipo:
4.7 m	18	2500 mm	11 Kw	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Enfriamiento por líquido refrigerante a la herramienta de trabajo (Refrigerante sintético, refrigerante semi sintético, o refrigerante orgánico)
Ancho:	Gama velocidades:	Carro transversal:	Voltaje:	Por salpique:	
1.5 m	10-1000 RPM	400 mm	220 V	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Alto:	Cono contrapunto:	Carro superior (CS):	RPM	Manual:	
1.5 m	6	240 mm	1750	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Peso:	Ø Interior usillo:	Long. Salida contrapunto:	Frecuencia	Automática:	
---	132 mm	400 mm	60 Hz.	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	Roscado
Posee escote:	Ø Máximo sujeción:	Ángulo inclinación CS:	N° serie:	Tipo de aceite:	Sistema Métrico    Sistema Inglés
Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	1100 mm	+/-45°	Y160M-4		
<b>RECOMENDACIONES DE USO:</b>					
<p>Es indispensable el uso de EPPs en los diversos procesos de mecanizado de esta máquina-herramienta, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lentes de seguridad</li> <li>-Guantes anticorte</li> <li>-Zapatos de seguridad con punta de acero</li> <li>-casco de seguridad</li> <li>-Tapones auditivos u orejeras</li> </ul>			<p>Evitar en lo posible utilizar ropas holgadas, aretes, anillos, entre otros accesorios que puedan enredarse en los componentes móviles de la maquinaria.</p>		

Figura 27: Ficha técnica del Torno Paralelo Tovaglieri, Serminsa



 <b>SERMINSA</b> <small>LOCOMOTORAS MINERAS</small>		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		FECHA:	27/08/2019
				VERSIÓN:	0.0
				ELABORADO POR:	J.BALDEON
NOMBRE DEL EQUIPOS:	TORNO PARALELO	CÓDIGO DE INVENTARIO:	RM-FT-006		
MODELO:	S/M	FECHA DE COMPRA:	---		
MARCA/PROCEDENCIA:	NARDINI	N° DE INVENTARIO:	6		
N° SERIE:	S/S	UBICACIÓN:	ÁREA DE MECANIZADO		
CÓDIGO INTERNO	MTP-003	CANTIDAD:	1		
					
<b>ACCESORIOS:</b>					
CONTRA PUNTO	LUNETA FIJA	PLATO UNIVERSAL	PLATO DE MORDAZAS INDEPENDIENTES	CENTRO GIRATORIO	---
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b>					
ESPECIFICACIONES GENERALES	USILLO	CARROS:	MOTOR PRINCIPAL	LUBRICACIÓN	REFRIGERACIÓN
Largo:	N°velocidades:	Carro longitudinal:	Potencia:	Por bomba:	Tipo:
2.75 m	8	1100 mm	6.6 Kw	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Enfriamiento por líquido refrigerante a la herramienta de trabajo (Refrigerante sintético, refrigerante semi sintético, o refrigerante orgánico)
Ancho:	Gama velocidades:	Carro transversal:	Voltaje:	Por salpique:	
0.70 m	30-1000 RPM	250 mm	220 V	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Alto:	Cono contrapunto:	Carro superior (CS):	RPM	Manual:	
1.3 m	3	120 mm	---	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Peso:	Ø Interior usillo:	Long. Salida contrapunto:	Frecuencia	Automática:	Roscado
---	45 mm	180 mm	60 Hz.	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	
Posee escote:	Ø Maximo sujeción:	Ángulo inclinación CS:	N° serie:	Tipo de aceite:	Sistema Metrico    Sistema ingles
Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	400 mm	+/-45°	---		
<b>RECOMENDACIONES DE USO:</b>					
<p>Es indispensable el uso de EPPs en los diversos procesos de mecanizado de esta maquina-herramienta, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lentes de seguridad</li> <li>-Guantes anticorte</li> <li>-Zapatos de seguridad con punta de acero</li> <li>-casco de seguridad</li> <li>-Tapones auditivos u orejeras</li> </ul>			<p>Evitar en lo posible utilizar ropas holgadas, aretes, anillos, entre otros accesorios que puedan enredarse en los componentes móviles de la maquinaria.</p>		

Figura 28: Ficha técnica del Torno Paralelo Nardini, Serminsa

 <b>SERMINSA</b> LOCOMOTORAS MINERAS		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		FECHA:	27/08/2019
				VERSIÓN:	0.0
				ELABORADO POR:	J.BALDEON
NOMBRE DEL EQUIPO:	FRESADORA UNIVERSAL	CÓDIGO DE INVENTARIO:	RM-FT-001		
MODELO:	LM-450A	FECHA DE COMPRA:	---		
MARCA/PROCEDENCIA:	CHINA	N° DE INVENTARIO:	1		
N° SERIE:	0971	UBICACIÓN:	ÁREA DE MECANIZADO		
CÓDIGO INTERNO	MFU-001	CANTIDAD:	1		
					
<b>USO:</b> La función de esta maquina-herramienta es fabricar piezas de determinadas formas mediante el proceso de mecanizado por arranque de viruta, con el uso de una herramienta giratoria de corte llamada fresa, posee al menos tres ejes de desplazamiento, tambien se pueden realizar trabajos especiales de acuerdo a la cantidad de accesorios que posea.					
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA:</b> Máquina-herramienta mecánico electrico con panel de control digital.					
<b>ACCESORIOS:</b>					
CABEZAL DIVISOR	CONTRA PUNTO	PLATO DIVISOR	EQUIPO DE MORTAJADO	PORTA PINZA	PRENSA
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b>					
ESPECIFICACIONES GENERALES	USILLO	MESA DE TRABAJO	MOTOR PRINCIPAL	LUBRICACIÓN	REFRIGERACIÓN
<b>Largo:</b>	<b>N°velocidades:</b>	<b>Des.Horizontal(X):</b>	<b>Potencia:</b>	<b>Por bomba:</b>	<b>Tipo:</b>
2.30 m	12	1100 mm	4Kw	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Enfriamiento por líquido refrigerante a la herramienta de trabajo (Refrigerante sintético, refrigerante semi sintético, o refrigerante orgánico)
<b>Ancho:</b>	<b>Gama velocidades:</b>	<b>Des.Trasversal(Y):</b>	<b>Voltaje:</b>	<b>Por salpique:</b>	
2.00 m	60-1800 RPM	800 mm	220 V	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
<b>Alto:</b>	<b>Cono usillo:</b>	<b>Des.Vertical(Z):</b>	<b>RPM</b>	<b>Manual:</b>	
2.00 m	6	600 mm	1740	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
<b>Peso:</b>		<b>Rango de avances(X):</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Automática:</b>	
2650 Kg		---	60 Hz.	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Ángulo inclinación:</b>		<b>Rango de avances(Z):</b>	<b>N° serie:</b>	<b>Tipo de aceite:</b>	
+/- 90°		---	0907001		
<b>RECOMENDACIONES DE USO:</b>					
Es indispensable el uso de EPPs en los diversos procesos de mecanizado de esta maquina-herramienta, tales como: -Lentes de seguridad -Guantes anticorte -Zapatos de seguridad con punta de acero			Evitar en lo posible utilizar ropas holgadas, aretes, anillos, entre otros accesorios que puedan enredarse en los componentes móviles de la maquinaria.		

Figura 29: Ficha Técnica de Fresadora Universal, Serminsa



 <b>SERMINSA</b> LOCOMOTORAS MINERAS		FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS		FECHA:	27/08/2019
				VERSIÓN:	0.0
				ELABORADO POR:	J.BALDEON
NOMBRE DEL EQUIPO:	FRESADORA UNIVERSAL	CÓDIGO DE INVENTARIO:	RM-FT-002		
MODELO:	S/M	FECHA DE COMPRA:	---		
MARCA/PROCEDENCIA:	CHEKOSLOVAKIA	N° DE INVENTARIO:	2		
N° SERIE:	S/S	UBICACIÓN:	ÁREA DE MECANIZADO		
CÓDIGO INTERNO	MFU-002	CANTIDAD:	1		
					
<b>USO:</b>					
<p>La función de esta maquina-herramienta es fabricar piezas de determinadas formas mediante el proceso de mecanizado por arranque de viruta, con el uso de una herramienta giratoria de corte llamada fresa, posee al menos tres ejes de desplazamiento, tambien se pueden realizar trabajos especiales de acuerdo a la cantidad de accesorios que posea.</p>					
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA:</b>					
Máquina-herramienta mecánico electrico.					
<b>ACCESORIOS:</b>					
CABEZAL DIVISOR	ROSCADORA MANUAL	PLATO DIVISOR	EQUIPO DE MORTAJADO	PORTA PINZA	PRENSA
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b>					
ESPECIFICACIONES GENERALES	USILLO	MESA DE TRABAJO	MOTOR PRINCIPAL	LUBRICACIÓN	REFRIGERACIÓN
Largo:	N°veloidades:	Des.Horizontal(X):	Potencia:	Por bomba:	Tipo:
	18	600 mm	---	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Enfriamiento por líquido refrigerante a la herramienta de trabajo (Refrigerante sintético, refrigerante semi sintético, o refrigerante orgánico)
Ancho:	Gama velocidades:	Des.Trasversal(Y):	Voltaje:	Por salpique:	
	40-2000 RPM	250 mm	220 V	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Alto:	Cono usillo:	Des.Vertical(Z):	RPM	Manual:	
	4	400 mm	---	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Peso:	Longitud salida usillo:	Rango de avances(X,Y,Z)	Frecuencia	Automática:	
---	100 mm	5 a 400 mm/min	60 Hz.	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>	
Ángulo inclinación:			N° serie:	Tipo de aceite:	
+/- 90°			---		
<b>RECOMENDACIONES DE USO:</b>					
Es indispensable el uso de EPPs en los diversos procesos de mecanizado de esta maquina-herramienta, tales como: -Lentes de seguridad                      -casco de seguridad -Guantes anticorte                        -Tapones auditivos u orejeras -Zapatos de seguridad con punta de acero			Evitar en lo posible utilizar ropas holgadas, aretes, anillos, entre otros accesorios que puedan enredarse en los componentes móviles de la maquinaria.		

Figura 30: Ficha Técnica de Fresadora Universal Pequeña, Serminsa

## Solicitud de Trabajo de Mantenimiento

Se elaboró formatos de solicitud de trabajo de mantenimiento para que en este se detalle de manera clara y concisa el tipo de mantenimiento que se está requiriendo, describiendo la anomalía y la causa que presenta el equipo del área de mecanizado de la empresa Serminsa.


		<b>SOLICITUD DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO</b>		
SOLICITADO POR:		FECHA:	SOLICITUD DE TRABAJO DE MTTO N° .....	
NOMBRE DE LA MAQ./EQUIPO:		CÓDIGO MAQ./EQUIPO:	ÁREA:	
<b>CLASE DE MANTENIMIENTO:</b>				
<input type="checkbox"/> EMERGENCIA <input type="checkbox"/> URGENCIA <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> PROGRAMADO <input type="checkbox"/> APLAZABLE				
<b>INSPECCIÓN DEL EQUIPO:</b>				
N°	PARTE	ANOMALIA	CAUSA	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
<b>OBSERVACIONES:</b>				
SOLICITADO POR:		REVISADO POR:	APROBADO POR:	

Figura 31: Formato de Solicitud de Trabajo de Mantenimiento, Serminsa

## Orden de trabajo de mantenimiento

Las órdenes de trabajo dan a conocer de manera precisa el trabajo que debe realizarse de manera preventiva, generando que su llenado se la base para la toma de decisiones en el área de mantenimiento.


		ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO		
SOLICITADO POR:		FECHA:	ORDEN DE TRABAJO MTTO N°.....	
NOMBRE DE LA MAQ./EQUIPO:		CÓDIGO MAQ./EQUIPO:	ÁREA:	
PERSONA ASIGNADA PARA EL MTTO:				
CLASE DE MANTENIMIENTO:				
EMERGENCIA <input type="checkbox"/> URGENCIA <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> PROGRAMADO <input type="checkbox"/> APLAZABLE <input type="checkbox"/>				
CONDICIÓN DE PARADA:    CON PERDIDA DE PRODUCCIÓN <input type="checkbox"/> SIN PERDIDA DE PRODUCCIÓN <input type="checkbox"/>				
TIPO DE MANTENIMIENTO:    CORRECTIVO <input type="checkbox"/> PREVENTIVO <input type="checkbox"/> PREDICTIVO <input type="checkbox"/>				
N°	DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS A REALIZAR			
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
MATERIALES REPUESTOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS REQUERIDOS				
N°	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS ENCONTRADOS:		FECHA DE INICIO:		
		D/M/A:	Hora:	
		FECHA DE TERMINACIÓN:		
		D/M/A:	Hora:	
		DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS:		
		COSTOS DE MTTO:		
		Mano de obra:		
		Materiales:		
		Total:		
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:				
EJECUTADO POR:		APROBADO POR:		

Figura 32: Orden de Trabajo de Mantenimiento, Serminsa

#### **Fase 4: Programación del mantenimiento**

##### **Implementación y prueba de la propuesta**

Esta es una etapa decisiva e importante de todo el diseño del plan de mantenimiento preventivo, porque es aquí donde se pondrá en práctica cada detalle, cada instrucción y cada capacitación adquirida en base al mantenimiento, todo esto de manera ordenada y esquematizada para poder cumplir con las metas y objetivos propuestos.

- Seguir el plan de mantenimiento preventivo tal como está establecido en el cronograma anual de mantenimiento.
- Utilizar los formatos, órdenes y fichas técnicas para el mantenimiento
- Controlar el plan de mantenimiento

##### **Capacitación al personal**

En el proceso se presentó una reunión protocolar con previa coordinación con jefatura. La reunión fue dada con el personal técnico del área de mecanizado, donde se tiene que dar a conocer lo establecido para llevar acabo la implementación del mantenimiento preventivo y sobre todo explicando muy bien los objetivos del mantenimiento preventivo, de esta manera involucrar a todos los miembros de la empresa.



Figura 33: Inducción al personal del área de mecanizado de Serminsa

##### **Recopilación de los datos (según nuestros indicadores) de la situación de la empresa**

##### **Post – Test**

##### **Indicadores de la Variable Independiente después de la Implementación**

Toma de datos después de la implementación de los indicadores de la variable independiente, para evidenciar la mejora obtenida. La recolección de datos se realizó en plazo de 60 días.

## Mantenimiento Periódico

**Tabla 27:** Cálculo del Mantenimiento Periódico luego de la Implementación

DIMENSIÓN	INDICE DE FIABILIDAD				
INDICADOR	$IF = \left( \frac{TF}{TPA + TF} \right) \times 100\%$				
MES	N° DATO	DIA	TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO (TF)	TIEMPO PROMEDIO DE AVERIAS DIARIAS (TPA)	ÍNDICE DE FIABILIDAD (IF)
S E P T I E M B R E	1	Lunes 02	7.5	0.5	93.8%
	2	Martes 03	7.5	0.5	93.8%
	3	Miércoles 04	7	1	87.5%
	4	Jueves 05	8	0	100.0%
	5	Viernes 06	7.25	0.75	90.6%
	6	Sábado 07	7.5	0.5	93.8%
	7	Lunes 09	8	0	100.0%
	8	Martes 10	7.5	0.5	93.8%
	9	Miércoles 11	6.5	1.5	81.3%
	10	Jueves 12	8	0	100.0%
	11	Viernes 13	7.5	0.5	93.8%
	12	Sábado 14	6.75	1.25	84.4%
	13	Lunes 16	7.5	0.5	93.8%
	14	Martes 17	7.25	0.75	90.6%
	15	Miércoles 18	8	0	100.0%
	16	Jueves 19	7.25	0.75	90.6%
	17	Viernes 20	6.75	1.25	84.4%
	18	Sábado 21	7.5	0.5	93.8%
	19	Lunes 23	7.25	0.75	90.6%
	20	Martes 24	8	0	100.0%
	21	Miércoles 25	7.5	0.5	93.8%
	22	Jueves 26	7.5	0.5	93.8%
	23	Viernes 27	8	0	100.0%
	24	Sábado 28	7.5	0.5	93.8%
	25	Lunes 30	7.5	0.5	93.8%
O C T U B R E	26	Martes 01	7.5	0.5	93.8%
	27	Miércoles 02	7.25	0.75	90.6%
	28	Jueves 03	8	0	100.0%
	29	Viernes 04	7	1	87.5%
	30	Sábado 05	7.5	0.5	93.8%
	31	Lunes 07	7.5	0.5	93.8%
	32	Miércoles 09	8	0	100.0%
	33	Jueves 10	8	0	100.0%
	34	Viernes 11	7.5	0.5	93.8%
	35	Sábado 12	7.5	0.5	93.8%
	36	Lunes 14	7.5	0.5	93.8%
	37	Martes 15	8	0	100.0%
	38	Miércoles 16	8	0	100.0%
	39	Jueves 17	7.5	0.5	93.8%
	40	Viernes 18	7.5	0.5	93.8%
	41	Sábado 19	7.5	0.5	93.8%
	42	Lunes 21	8	0	100.0%
	43	Martes 22	8	0	100.0%
	44	Miércoles 23	7.5	0.5	93.8%
	45	Jueves 24	7.5	0.5	93.8%
	46	Viernes 25	7.5	0.5	93.8%
	47	Sábado 26	8	0	100.0%
	48	Lunes 28	8	0	100.0%
	49	Martes 29	7.5	0.5	93.8%
	50	Miércoles 30	7.5	0.5	93.8%
	51	Jueves 31	7.5	0.5	93.8%

N O V I E M B R E	52	Viernes 01	8	0	100.0%
	53	Sabado 02	8	0	100.0%
	54	Lunes 04	7.5	0.5	93.8%
	55	Martes 05	7.5	0.5	93.8%
	56	Miercoles 06	7.5	0.5	93.8%
	57	Jueves 07	8	0	100.0%
	58	Viernes 08	8	0	100.0%
	59	Sabado 09	8	0	100.0%
	60	Lunes 11	7.5	0.5	93.8%
TOTAL					94.8%

Fuente: Elaboración Propia

### Mantenimiento de Fiabilidad

**Tabla 28:** *Cálculo del Mantenimineto Periódico luego de la Implementación*

DIMENCIÓN		CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PERIODICO			
INDICADOR		$CMP = \left( \frac{MR}{MP} \right) \times 100\%$			
MES	N° DATO	DIA	MANTENIMIENTO REALIZADO (MR)	MANTENIMIENTO PLANIFICADO (MP)	CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO (CMP)
S E P T I E M B R E	1	Lunes 02	9	9	100.0%
	2	Martes 03	9	9	100.0%
	3	Miércoles 04	9	9	100.0%
	4	Jueves 05	9	9	100.0%
	5	Viernes 06	9	9	100.0%
	6	Sabado 07	21	27	77.8%
	7	Lunes 09	11	11	100.0%
	8	Martes 10	9	9	100.0%
	9	Miercoles 11	9	9	100.0%
	10	Jueves 12	9	9	100.0%
	11	Viernes 13	9	9	100.0%
	12	Sabado 14	22	22	100.0%
	13	Lunes 16	11	11	100.0%
	14	Martes 17	9	9	100.0%
	15	Miercoles 18	9	9	100.0%
	16	Jueves 19	9	9	100.0%
	17	Viernes 20	9	9	100.0%
	18	Sabado 21	22	22	100.0%
	19	Lunes 23	11	11	100.0%
	20	Martes 24	9	9	100.0%
	21	Miercoles 25	9	9	100.0%
	22	Jueves 26	9	9	100.0%
	23	Viernes 27	9	9	100.0%
	24	Sabado 28	25	38	65.8%
	25	Lunes 30	10	10	100.0%

O C T U B R E	26	Martes 01	9	9	100.0%
	27	Miercoles 02	9	9	100.0%
	28	Jueves 03	9	9	100.0%
	29	Viernes 04	9	9	100.0%
	30	Sabado 05	21	27	77.8%
	31	Lunes 07	12	12	100.0%
	32	Miercoles 09	9	9	100.0%
	33	Jueves 10	9	9	100.0%
	34	Viernes 11	9	9	100.0%
	35	Sabado 12	9	9	100.0%
	36	Lunes 14	22	22	100.0%
	37	Martes 15	11	11	100.0%
	38	Miercoles 16	9	9	100.0%
	39	Jueves 17	9	9	100.0%
	40	Viernes 18	9	9	100.0%
	41	Sabado 19	9	9	100.0%
	42	Lunes 21	22	22	100.0%
	43	Martes 22	11	11	100.0%
	44	Miercoles 23	9	9	100.0%
	45	Jueves 24	9	9	100.0%
	46	Viernes 25	9	9	100.0%
	47	Sabado 26	9	9	100.0%
	48	Lunes 28	22	22	100.0%
	49	Martes 29	11	11	100.0%
	50	Miercoles 30	9	9	100.0%
	51	Jueves 31	9	9	100.0%
N O V I E M B R E	52	Viernes 01	9	9	100.0%
	53	Sabado 02	21	27	77.8%
	54	Lunes 04	12	12	100.0%
	55	Martes 05	9	9	100.0%
	56	Miercoles 06	9	9	100.0%
	57	Jueves 07	9	9	100.0%
	58	Viernes 08	9	9	100.0%
	59	Sabado 09	22	22	100.0%
	60	Lunes 11	11	11	100.0%
TOTAL					98.3%


Fuente: Elaboración Propia

### Indicadores de la Productividad después de la implementación

Para evidenciar la mejora obtenida, finalizando la implementación se volverá a evaluar los indicadores de la productividad, eficiencia y eficacia, con respecto a la situación posterior a la implementación del plan de mantenimiento preventivo en el área de mecanizado. Los datos ingresados en las tablas han sido recopilados por 60 días (lunes-sábado), cabe mencionar que estos datos son reales y confiables, validados por el gerente de operaciones.

## Eficiencia

**Tabla 29:** *post- test de eficiencia*

DIMENSIÓN	EFICIENCIA				
INDICADOR	$TP = \left( \frac{HMA - HMB}{HMA} \right) \times 100 \%$				
MES	N° DATO	DIA	HORAS MAQUINA PROGRAMADA (HMA)	HORAS MAQUINA PERDIDAS (HMB)	CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PERIODICO (CMP)
S E P T I E M B R E	1	Lunes 02	8	0.5	93.8%
	2	Martes 03	8	0.5	93.8%
	3	Miércoles 04	8	1	87.5%
	4	Jueves 05	8	0	100.0%
	5	Viernes 06	8	0.75	90.6%
	6	Sabado 07	8	0.5	93.8%
	7	Lunes 09	8	0	100.0%
	8	Martes 10	8	0.5	93.8%
	9	Miercoles 11	8	1.5	81.3%
	10	Jueves 12	8	0	100.0%
	11	Viernes 13	8	0.5	93.8%
	12	Sabado 14	8	1.25	84.4%
	13	Lunes 16	8	0.5	93.8%
	14	Martes 17	8	0.75	90.6%
	15	Miercoles 18	8	0	100.0%
	16	Jueves 19	8	0.75	90.6%
	17	Viernes 20	8	1.25	84.4%
	18	Sabado 21	8	0.5	93.8%
	19	Lunes 23	8	0.75	90.6%
	20	Martes 24	8	0	100.0%
	21	Miercoles 25	8	0.5	93.8%
	22	Jueves 26	8	0.5	93.8%
	23	Viernes 27	8	0	100.0%
	24	Sabado 28	8	0.5	93.8%
	25	Lunes 30	8	0.5	93.8%
O C T U B R E	26	Martes 01	8	0.5	93.8%
	27	Miercoles 02	8	0.75	90.6%
	28	Jueves 03	8	0	100.0%
	29	Viernes 04	8	1	87.5%
	30	Sabado 05	8	0.5	93.8%
	31	Lunes 07	8	0.5	93.8%
	32	Miercoles 09	8	0	100.0%
	33	Jueves 10	8	0	100.0%
	34	Viernes 11	8	0.5	93.8%
	35	Sabado 12	8	0.5	93.8%
	36	Lunes 14	8	0.5	93.8%
	37	Martes 15	8	0	100.0%
	38	Miercoles 16	8	0	100.0%
	39	Jueves 17	8	0.5	93.8%
	40	Viernes 18	8	0.5	93.8%
	41	Sabado 19	8	0.5	93.8%
	42	Lunes 21	8	0	100.0%
	43	Martes 22	8	0	100.0%
	44	Miercoles 23	8	0.5	93.8%
	45	Jueves 24	8	0.5	93.8%
	46	Viernes 25	8	0.5	93.8%
	47	Sabado 26	8	0	100.0%
	48	Lunes 28	8	0	100.0%
	49	Martes 29	8	0.5	93.8%
	50	Miercoles 30	8	0.5	93.8%
	51	Jueves 31	8	0.5	93.8%




N O V I E M B R E	52	Viernes 01	8	0	100.0%
	53	Sabado 02	8	0	100.0%
	54	Lunes 04	8	0.5	93.8%
	55	Martes 05	8	0.5	93.8%
	56	Miercoles 06	8	0.5	93.8%
	57	Jueves 07	8	0	100.0%
	58	Viernes 08	8	0	100.0%
	59	Sabado 09	8	0	100.0%
	60	Lunes 11	8	0.5	93.8%
TOTAL					94.8%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°12, se puede observar los resultados de la eficiencia obtenidos mediante la recolección de los datos de 60 días después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, en el análisis se evidencia que la eficiencia alcanzo un promedio de 94.8%, esto quiere decir que el área de mecanizado a incrementando su tiempo de producción con respecto a los datos recolectados antes de la implementación.

## Eficacia

**Tabla 30:** *post- test de eficacia*

DIMENCIÓN	EFICACIA				
INDICADOR	$CP = \left( \frac{PR}{PP} \right) \times 100 \%$				
MES	N° DATO	DIA	PRODUCCIÓN PROGRAMADA (PP)	PRODUCCIÓN REAL (PR)	CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN (CP)
S E P T I E M B R E	1	Lunes 02	18	16	88.9%
	2	Martes 03	25	24	96.0%
	3	Miércoles 04	40	35	87.5%
	4	Jueves 05	50	48	96.0%
	5	Viernes 06	16	16	100.0%
	6	Sabado 07	20	19	95.0%
	7	Lunes 09	30	28	93.3%
	8	Martes 10	30	20	66.7%
	9	Miercoles 11	26	20	76.9%
	10	Jueves 12	15	13	86.7%
	11	Viernes 13	26	24	92.3%
	12	Sabado 14	12	12	100.0%
	13	Lunes 16	32	25	78.1%
	14	Martes 17	40	35	87.5%
	15	Miercoles 18	40	30	75.0%
	16	Jueves 19	50	42	84.0%
	17	Viernes 20	25	22	88.0%
	18	Sabado 21	22	15	68.2%
	19	Lunes 23	25	20	80.0%
	20	Martes 24	32	26	81.3%
	21	Miercoles 25	35	32	91.4%
	22	Jueves 26	18	17	94.4%
	23	Viernes 27	60	60	100.0%
	24	Sabado 28	20	18	90.0%
	25	Lunes 30	42	40	95.2%

O C T U B R E	26	Martes 01	48	45	93.8%
	27	Miercoles 02	20	18	90.0%
	28	Jueves 03	25	22	88.0%
	29	Viernes 04	40	36	90.0%
	30	Sabado 05	30	28	93.3%
	31	Lunes 07	40	36	90.0%
	32	Miercoles 09	40	36	90.0%
	33	Jueves 10	30	28	93.3%
	34	Viernes 11	40	36	90.0%
	35	Sabado 12	40	36	90.0%
	36	Lunes 14	30	28	93.3%
	37	Martes 15	40	36	90.0%
	38	Miercoles 16	40	38	95.0%
	39	Jueves 17	30	28	93.3%
	40	Viernes 18	40	38	95.0%
	41	Sabado 19	40	36	90.0%
	42	Lunes 21	30	28	93.3%
	43	Martes 22	40	36	90.0%
	44	Miercoles 23	40	35	87.5%
	45	Jueves 24	30	28	93.3%
	46	Viernes 25	40	38	95.0%
	47	Sabado 26	40	38	95.0%
	48	Lunes 28	30	28	93.3%
	49	Martes 29	40	36	90.0%
	50	Miercoles 30	40	28	70.0%
	51	Jueves 31	30	28	93.3%
N O V I E M B R E	52	Viernes 01	40	38	95.0%
	53	Sabado 02	30	30	100.0%
	54	Lunes 04	40	40	100.0%
	55	Martes 05	30	28	93.3%
	56	Miercoles 06	40	40	100.0%
	57	Jueves 07	38	36	94.7%
	58	Viernes 08	40	36	90.0%
	59	Sabado 09	36	36	100.0%
	60	Lunes 11	40	36	90.0%
TOTAL					90.4%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°12, se puede observar los resultados de la eficacia obtenidos mediante la recolección de datos de 60 datos (días) después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, en el análisis se evidencia que la eficacia alcanzo un promedio de 90.4%, esto quiere decir que el área de mecanizado a incrementando su producción cumpliendo con la fabricación de las piezas requeridas en el proceso productivo, esto con respecto a los datos recolectados antes de la implementación.

## Productividad

**Tabla 31:** *post- test de productividad*

DIMENCIÓN	PRODUCTIVIDAD				
INDICADOR	$PRODUCTIVIDAD = (EFICIENCIA \times EFICACIA) \times 100 \%$				
MES	N° DATO	DIA	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
S E P T I E M B R E	1	Lunes 02	93.8%	88.9%	83.3%
	2	Martes 03	93.8%	96.0%	90.0%
	3	Miércoles 04	87.5%	87.5%	76.6%
	4	Jueves 05	100.0%	96.0%	96.0%
	5	Viernes 06	90.6%	100.0%	90.6%
	6	Sabado 07	93.8%	95.0%	89.1%
	7	Lunes 09	100.0%	93.3%	93.3%
	8	Martes 10	93.8%	66.7%	62.5%
	9	Miercoles 11	81.3%	76.9%	62.5%
	10	Jueves 12	100.0%	86.7%	86.7%
	11	Viernes 13	93.8%	92.3%	86.5%
	12	Sabado 14	84.4%	100.0%	84.4%
	13	Lunes 16	93.8%	78.1%	73.2%
	14	Martes 17	90.6%	87.5%	79.3%
	15	Miercoles 18	100.0%	75.0%	75.0%
	16	Jueves 19	90.6%	84.0%	76.1%
	17	Viernes 20	84.4%	88.0%	74.3%
	18	Sabado 21	93.8%	68.2%	63.9%
	19	Lunes 23	90.6%	80.0%	72.5%
	20	Martes 24	100.0%	81.3%	81.3%
	21	Miercoles 25	93.8%	91.4%	85.7%
	22	Jueves 26	93.8%	94.4%	88.5%
	23	Viernes 27	100.0%	100.0%	100.0%
	24	Sabado 28	93.8%	90.0%	84.4%
	25	Lunes 30	93.8%	95.2%	89.3%

O C T U B R E	26	Martes 01	93.8%	93.8%	87.9%
	27	Miercoles 02	90.6%	90.0%	81.6%
	28	Jueves 03	100.0%	88.0%	88.0%
	29	Viernes 04	87.5%	90.0%	78.8%
	30	Sabado 05	93.8%	93.3%	87.5%
	31	Lunes 07	93.8%	90.0%	84.4%
	32	Miercoles 09	100.0%	90.0%	90.0%
	33	Jueves 10	100.0%	93.3%	93.3%
	34	Viernes 11	93.8%	90.0%	84.4%
	35	Sabado 12	93.8%	90.0%	84.4%
	36	Lunes 14	93.8%	93.3%	87.5%
	37	Martes 15	100.0%	90.0%	90.0%
	38	Miercoles 16	100.0%	95.0%	95.0%
	39	Jueves 17	93.8%	93.3%	87.5%
	40	Viernes 18	93.8%	95.0%	89.1%
	41	Sabado 19	93.8%	90.0%	84.4%
	42	Lunes 21	100.0%	93.3%	93.3%
	43	Martes 22	100.0%	90.0%	90.0%
	44	Miercoles 23	93.8%	87.5%	82.0%
	45	Jueves 24	93.8%	93.3%	87.5%
	46	Viernes 25	93.8%	95.0%	89.1%
	47	Sabado 26	100.0%	95.0%	95.0%
	48	Lunes 28	100.0%	93.3%	93.3%
	49	Martes 29	93.8%	90.0%	84.4%
	50	Miercoles 30	93.8%	70.0%	65.6%
	51	Jueves 31	93.8%	93.3%	87.5%
N O V I E M B R E	52	Viernes 01	100.0%	95.0%	95.0%
	53	Sabado 02	100.0%	100.0%	100.0%
	54	Lunes 04	93.8%	100.0%	93.8%
	55	Martes 05	93.8%	93.3%	87.5%
	56	Miercoles 06	93.8%	100.0%	93.8%
	57	Jueves 07	100.0%	94.7%	94.7%
	58	Viernes 08	100.0%	90.0%	90.0%
	59	Sabado 09	100.0%	100.0%	100.0%
	60	Lunes 11	93.8%	90.0%	84.4%
TOTAL					85.8%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°30, se puede observar los resultados de la productividad obtenidos mediante la recolección de 60 datos (días) después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, en el análisis se evidencia que la productividad incremento alcanzando un promedio de 85.8%, esto con respecto a los datos recolectados antes de la implementación debido al incremento porcentual de la eficiencia y eficacia que se logró obtener luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Mejorando así los resultados del área mediante el aprovechamiento máximo todos los insumos (hora máquinas) que participan en el proceso productivo, incrementando la competitividad de la empresa y reduciendo los gastos de mantenimiento.

### **Análisis de recopilación de datos luego de la implementación**

Se mostrará la síntesis de los datos recolectados luego de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el área de mecanizado para poder evidenciar la mejora obtenida.

**Tabla 32:** *Tabla comparativa de la variable dependiente luego de la implementación*

MES	DIA	EFICACIA	EFICIENCIA	PRODUCTIVIDAD
S E P T I E M B R E	<b>Lunes 02</b>	88.9%	93.8%	83.3%
	<b>Martes 03</b>	96.0%	93.8%	90.0%
	<b>Miércoles 04</b>	87.5%	87.5%	76.6%
	<b>Jueves 05</b>	96.0%	100.0%	96.0%
	<b>Viernes 06</b>	100.0%	90.6%	90.6%
	<b>Sabado 07</b>	95.0%	93.8%	89.1%
	<b>Lunes 09</b>	93.3%	100.0%	93.3%
	<b>Martes 10</b>	66.7%	93.8%	62.5%
	<b>Miercoles 11</b>	76.9%	81.3%	62.5%
	<b>Jueves 12</b>	86.7%	100.0%	86.7%
	<b>Viernes 13</b>	92.3%	93.8%	86.5%
	<b>Sabado 14</b>	100.0%	84.4%	84.4%
	<b>Lunes 16</b>	78.1%	93.8%	73.2%
	<b>Martes 17</b>	87.5%	90.6%	79.3%
	<b>Miercoles 18</b>	75.0%	100.0%	75.0%
	<b>Jueves 19</b>	84.0%	90.6%	76.1%
	<b>Viernes 20</b>	88.0%	84.4%	74.3%
	<b>Sabado 21</b>	68.2%	93.8%	63.9%
	<b>Lunes 23</b>	80.0%	90.6%	72.5%
	<b>Martes 24</b>	81.3%	100.0%	81.3%
	<b>Miercoles 25</b>	91.4%	93.8%	85.7%
	<b>Jueves 26</b>	94.4%	93.8%	88.5%
	<b>Viernes 27</b>	100.0%	100.0%	100.0%
	<b>Sabado 28</b>	90.0%	93.8%	84.4%
	<b>Lunes 30</b>	95.2%	93.8%	89.3%

<b>O C T U B R E</b>	<b>Martes 01</b>	93.8%	93.8%	87.9%
	<b>Miercoles 02</b>	90.0%	90.6%	81.6%
	<b>Jueves 03</b>	88.0%	100.0%	88.0%
	<b>Viernes 04</b>	90.0%	87.5%	78.8%
	<b>Sabado 05</b>	93.3%	93.8%	87.5%
	<b>Lunes 07</b>	90.0%	93.8%	84.4%
	<b>Miercoles 09</b>	90.0%	100.0%	90.0%
	<b>Jueves 10</b>	93.3%	100.0%	93.3%
	<b>Viernes 11</b>	90.0%	93.8%	84.4%
	<b>Sabado 12</b>	90.0%	93.8%	84.4%
	<b>Lunes 14</b>	93.3%	93.8%	87.5%
	<b>Martes 15</b>	90.0%	100.0%	90.0%
	<b>Miercoles 16</b>	95.0%	100.0%	95.0%
	<b>Jueves 17</b>	93.3%	93.8%	87.5%
	<b>Viernes 18</b>	95.0%	93.8%	89.1%
	<b>Sabado 19</b>	90.0%	93.8%	84.4%
	<b>Lunes 21</b>	93.3%	100.0%	93.3%
	<b>Martes 22</b>	90.0%	100.0%	90.0%
	<b>Miercoles 23</b>	87.5%	93.8%	82.0%
	<b>Jueves 24</b>	93.3%	93.8%	87.5%
	<b>Viernes 25</b>	95.0%	93.8%	89.1%
	<b>Sabado 26</b>	95.0%	100.0%	95.0%
	<b>Lunes 28</b>	93.3%	100.0%	93.3%
	<b>Martes 29</b>	90.0%	93.8%	84.4%
	<b>Miercoles 30</b>	70.0%	93.8%	65.6%
	<b>Jueves 31</b>	93.3%	93.8%	87.5%
<b>N O V I E M B R E</b>	<b>Viernes 01</b>	95.0%	100.0%	95.0%
	<b>Sabado 02</b>	100.0%	100.0%	100.0%
	<b>Lunes 04</b>	100.0%	93.8%	93.8%
	<b>Martes 05</b>	93.3%	93.8%	87.5%
	<b>Miercoles 06</b>	100.0%	93.8%	93.8%
	<b>Jueves 07</b>	94.7%	100.0%	94.7%
	<b>Viernes 08</b>	90.0%	100.0%	90.0%
	<b>Sabado 09</b>	100.0%	100.0%	100.0%
	<b>Lunes 11</b>	90.0%	93.8%	84.4%
<b>PROMEDIO</b>		<b>90.4%</b>	<b>94.8%</b>	<b>85.8%</b>

Fuente: Elaboración Propia

### CUADRO RESUMEN

EFICACIA	90.4%
EFICIENCIA	94.8%
PRODUCTIVIDAD	85.8%

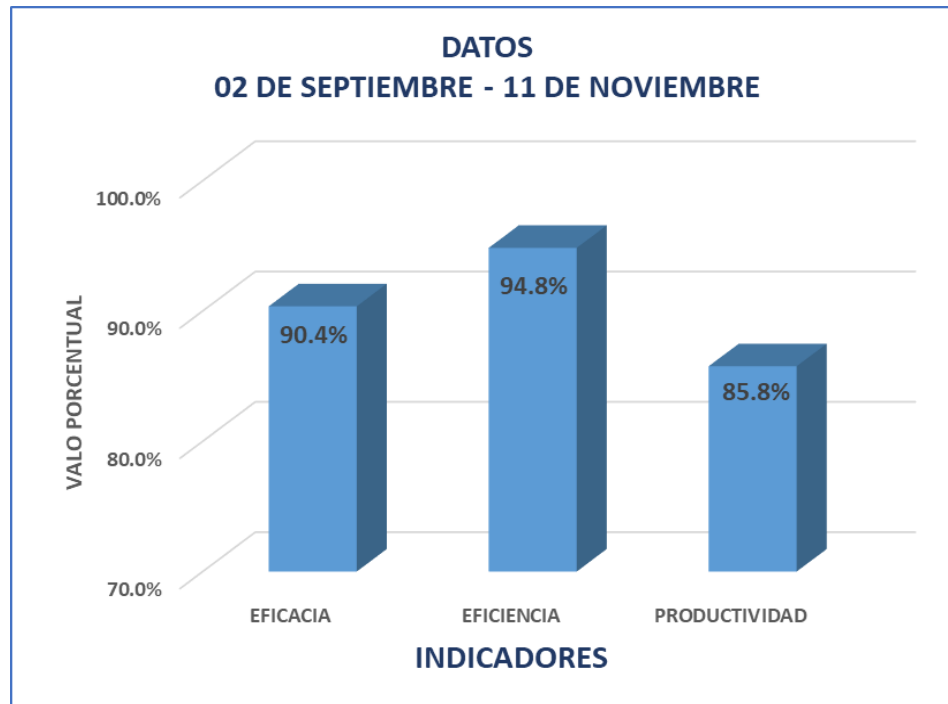


Figura 34: Gráfica pos-test de Eficiencia, Eficacia y Productividad

## 2.7.4 Resultados de la implementación

### Resumen de mejora

Comparación de los resultados antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A

### Plan de Mantenimiento Preventivo

DIMENSIONES	ANTES	DESPUES	INCREMENTO EN
INDICE DE FIABILIDAD	79.7%	94.8%	15.1%
CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PERIODICO	73.30%	98.3%	25.0%

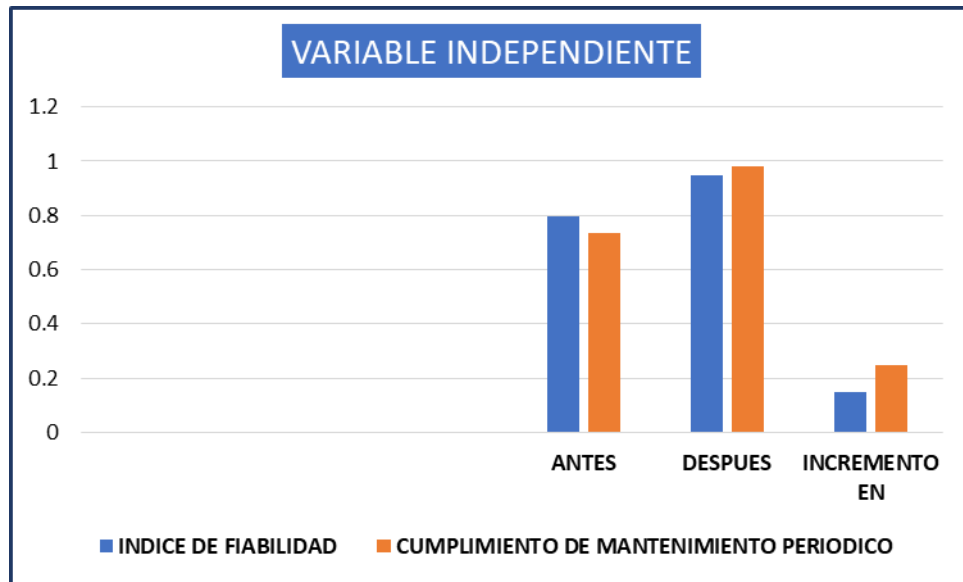


Figura 35: Gráfica comparativa Pres y Pos - test de la Variable Independiente

En el área de mecanizado se logró mejorar el índice de fiabilidad y el cumplimiento de mantenimiento periódico en 15.1% y 25.0% respectivamente, con la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

### Productividad

Para el área de mecanizado se logró mejorar la productividad de 70.8% a 85.8% mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

**Tabla 33:** *Tabla de datos comparativos*

PRE TEST	EFICACIA	87.8%
POST TEST	EFICACIA	90.4%
PRE TEST	EFICIENCIA	79.7%
POST TEST	EFICIENCIA	94.8%
PRE TEST	PRODUCTIVIDAD	70.8%
POST TEST	PRODUCTIVIDAD	85.8%



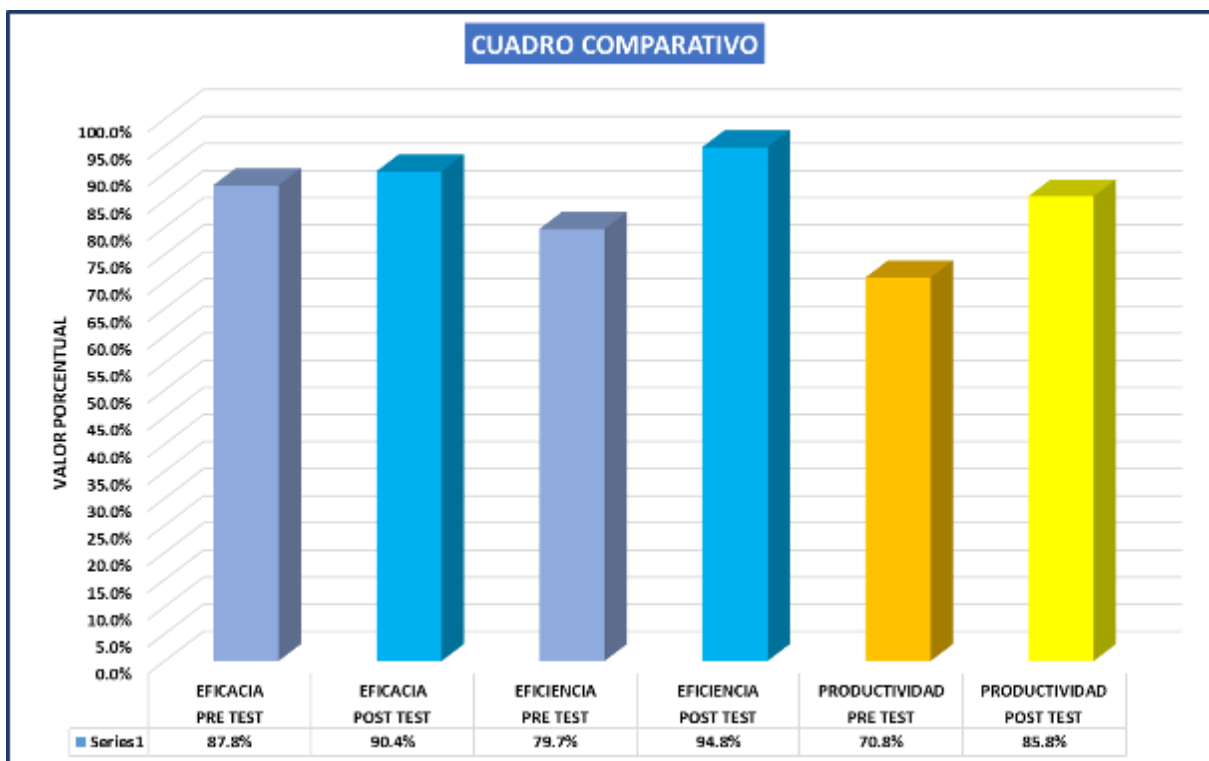


Figura 36: Gráfica comparativa Pres y Pos - Test de Eficiencia, Eficacia y Productividad

### Control del plan de mantenimiento preventivo

Para poder mantener la implementación del plan de mantenimiento preventivo en el área de mecanizado se realiza un seguimiento a las actividades a realizar mediante la utilización del procedimiento, a continuación, se precisa las medidas para controlar y mantener el plan de mantenimiento preventivo.

## Procedimiento de uso y limpieza de Torno CNC



### PROCEDIMIENTO DE USO, LIMPIEZA DE TORNOS CNC

#### 1. OBJETIVO

Garantizar la correcta realización de las actividades relacionadas a la operación, limpieza de tornos CNC.

#### 2. ALCANCE

Aplica a todos los tornos CNC de Servicios mineros S.A.

#### 3. DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

CNC → Control numérico computarizado.

#### 4. DOCUMENTOS A CONSULTAR

Manual de mantenimiento de torno CNC.

#### 5. RESPONSABILIDAD

- Operador de torno: Ejecuta las actividades descritas en el instructivo.
- Supervisor de torno: Supervisar el cumplimiento.
- Jefe de Producción y/mantenimiento: Dar soporte técnico y velar por el cumplimiento del procedimiento.

#### 6. DESARROLLO

##### 6.1. USO

Realizar antes del mecanizado en el torno CNC

##### 6.1.1. CONSIDERACIONES GENERALES

- Encender la compresora, y abrir las válvulas de drenaje para liberar el agua condensada en el tanque del compresor.
- Accionar el interruptor general termo magnético trifásico de la máquina hacia ON, ubicado en la pared.
- Verificar que la presión del aire este....

##### 6.1.2. ENCENDIDO Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

- Activar la llave general del tablero eléctrico de suministro de corriente del área de mecanizado.
- Levantar la llave de mando que se encuentra en la parte posterior a la máquina (ON).
- Presionar el botón de encendido (botón verde) se encuentra en el tablero de control del torno CNC con lo cual se encenderá la máquina
- Presionar el botón Reset (2 veces) hasta que desaparezca la alarma de emergencia que aparece en el tablero de control.
- Verificar que la presión del aire este entre \_\_\_\_ y \_\_\_\_

- Presionar el botón **Power Up** y seleccionar la opción **"A"** para que el torno empiece a referenciar a su punto de Cero máquinas.
- Antes de empezar trabajar en el torno CNC realizar una verificación rápida de las condiciones en que se encuentra la maquina una vez encendida:
  - Verificar el nivel de refrigerante en el tanque.
  - Verificar el nivel de aceite.
  - Verificar que el programa con el cual se va a trabajar este correcto, mediante la opción de simulación del control.
  - Verificar el perfilado y los detalles del programa aplicando la herramienta Zoom que se activa presionando la tecla de función F2.
  - Verificar el censado de las herramientas en los ejes X y Z con una secuencia de órdenes determinada en MDI.
  - Verificar que los pernos de sujeción de los porta herramientas, bloques y mordazas (Blandas o duras) estén bien ajustados.
  - Verificar que no haya obstrucción de la guía donde encaja la torreta en el cambio de herramienta.
  - Verificar el diámetro en bruto de la pieza a trabajar.
  - Verificar que el contra punto se encuentre en el cero maquina cuando no se está usando.
  - Verificar la trayectoria de las herramientas cuando se esté utilizando el contra punto, con la finalidad de evitar una colisión.

**Nota:** Si se encuentra alguna falla en la verificación que no se pueda corregir, comunicarse con el personal encargado.

#### 6.1.3. APAGADO

- Concluido el trabajo se presiona la tecla Home para que la maquina regrese a su punto inicial. (Cero Maquina).
- Poner la torreta de la maquina en el estado inicial presionando **Power Up**
- Presionar el botón de apagado (**Botón Rojo**).
- Bajar la llave de mando que se encuentra en parte posterior del torno CNC (OFF).
- Cerrar las válvulas de suministro de aire.
- Bajar la llave del tablero general.
- Apagar la compresora, presionando el botón rojo de su tablero de control.



## **6.2. LIMPIEZA MAQUINA**

### **6.2.1. CONSIDERACIONES GENERALES:**

- Para la limpieza de los equipos utilizar en todo momento los equipos de protección personal (EPPs), con la finalidad de evitar cortes, lesiones producidas por diversos tipos de viruta, aristas agudas del equipo, entre otros.

### **6.2.2. ACTIVIDADES A REALIZAR:**

- La limpieza se debe de realizar al finalizar cada turno de trabajo, utilizando los últimos 20 minutos de cada turno.
- Limpiar la bancada por donde se desliza el contrapunto mediante un flujo de aire continuo.
- Limpiar y secar con trapo industrial el orificio donde se aloja el centro giratorio.
- Limpiar con trapo industrial la torreta y "sopletear" los orificios donde se acumula la viruta y desechos.
- Conectar la manguera a una salida del refrigerante ubicada en la torreta para poder limpiar minuciosamente toda la parte interna.
- Secar las partes cercanas al sistema eléctrico con un trapo industrial.
- Limpiar todas las guardas de protección de la máquina con trapo industrial.
- Limpiar el tablero de control con líquido dieléctrico.
- Lubricar la bancada, guías, y partes móviles de la máquina, una vez terminado la limpieza y secado.

## **6.3. LIMPIEZA REFRIGERANTE**

### **6.3.1. CONSIDERACIONES GENERALES:**

- Para la limpieza del refrigerante es muy importante utilizar en todo momento los equipos de protección personal (EPPs), con la finalidad de evitar cortes, lesiones, enfermedades en la piel producidas por la manipulación de aceite, diversos tipos de viruta alojados en el fondo del tanque de refrigerante, refrigerante acumulado, entre otros.

### **6.3.2. ACTIVIDADES A REALIZAR:**

- La limpieza del refrigerante se debe de realizar con una frecuencia semanal, utilizando los últimos 60 minutos del último día de trabajo de la semana (ver cronograma anual de mantenimiento), realizar la limpieza cuando la maquina este apagada o cuando este accionado el botón de emergencia.
- Retirar las tapas del tanque de refrigerante, limpiarlas con trapo industrial y guardarlas en un lugar apropiado. (Semanal).

- Retirar la bomba de refrigerante, limpiar la base de succión del refrigerante y secar con trapo industrial. (Semanal).
- Limpiar el filtro del refrigerante utilizando fluido desengrasante. (Semanal).
- Limpiar el fondo del tanque de refrigerante cercanos a la bomba de succión, como también los aceites o partículas de polvo que se encuentran suspendidos en la superficie del refrigerante. (Semanal).
- Medir el porcentaje de la mezcla con el refractómetro, adicionar agua o refrigerante para conservar o modificar el porcentaje de refrigerante entre 7% a 10%, la proporción de la mezcla es de 18L de agua y 1L de refrigerante de la marca Deltacor TB para mantener el porcentaje determinada. (Semanal).
- Drenar el refrigerante y filtrarlo para su reutilización o cambiarlo si se encuentra muy contaminado. (Semestral).
- Retirar el tanque de refrigerante para proceder a realizar una limpieza más minuciosa de cada división del tanque, en lo cual se retiraran rastros de viruta, aceites estancados, y suciedad acumulada del mecanizado de la materia prima en bruto. (Semestral).

**Nota:** Los proporción y el porcentaje de refrigerante pueden varias de acuerdo al tipo de refrigerante y al proveedor.

### 2.7.5 Análisis Económico Financiero

Debido a que esta investigación necesita de una inversión para la implementación del mantenimiento preventivo, se analiza el costo de las inversiones a través de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno para calcular la rentabilidad de dicho proyecto, un análisis financiero para conocer cuánto es el monto futuro que se va aganar con la implementación, y un análisis económico que nos permita conocer si el proyecto es viable o no.

Mencionado esto, a continuación, se analizará las inversiones realizadas para la implementación del Mantenimiento Preventivo en el área de mecanizado de manera detallada.

**Tabla 34:** *Tabla de comparación de horas maquina perdidas antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo*

N° DATOS	HORAS MAQUINA PERDIDAS (ANTES)	HORAS MAQUINA PERDIDAS (DESPUES)	DIFERENCIA (horas)
1	1.5	0.5	1
2	1	0.5	0.5
3	1.25	1	0.25
4	1.25	0	1.25
5	2.25	0.75	1.5
6	1.25	0.5	0.75
7	2	0	2
8	1.5	0.5	1
9	1	1.5	-0.5
10	1.25	0	1.25
11	2	0.5	1.5
12	2.25	1.25	1
13	2	0.5	1.5
14	2	0.75	1.25
15	1.5	0	1.5
16	1	0.75	0.25
17	1.25	1.25	0
18	3	0.5	2.5
19	2.25	0.75	1.5
20	1.25	0	1.25
21	2	0.5	1.5
22	1.5	0.5	1
23	0.75	0	0.75
24	1.25	0.5	0.75
25	3	0.5	2.5
26	2.25	0.5	1.75
27	1.75	0.75	1
28	2	0	2
29	1.5	1	0.5
30	1	0.5	0.5
<b>TOTAL</b>	<b>49.75</b>	<b>16.25</b>	<b>33.5</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 34, muestra las diferencias de horas maquina antes y después de la implementación del mantenimiento preventivo, con lo cual se logra ahorrar 33.5 horas por mes, el cual también se muestra en el cuadro resumen de la tabla N° 35.

**Tabla 35:** *Cuadro resumen de horas maquina perdidas*

AHORRO DE TIEMPO		
<b>HORAS MAQUINA PERDIDAS (ANTES)</b>	49.75	HORAS
<b>HORAS MAQUINA PERDIDAS (DESPUES)</b>	16.25	HORAS
<b>TOTAL</b>	<b>33.5</b>	<b>HORAS</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 36:** *Costo de horas maquina en el área de mecanizado de servicios mineros S.A.*

MÁQUINA	COSTO/HORA (En soles)
MTCNC-001	200
MTP-001	60
MTP-002	80
MTP-003	50
MFU-001	100
MFU-002	140
<b>PROMEDIO</b>	<b>105</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 36 se muestra los costos por hora de cada máquina herramienta del área de mecanizado, para poder realizar un cálculo más apropiado del costo que se ahorra de forma mensual, se sacará un promedio de costo por hora en las maquinarias.

**Tabla 37:** *Ahorro mensual en horas máquina*

Promedio horas/mes	costo/hora	Total (Soles)
<b>33.5</b>	<b>105</b>	<b>3517.5</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 37 se muestra el ahorro monetario, el cual asciende a 3517.5 soles, que proviene del producto de las horas que se ahorra de forma mensual por el costo por hora promedio de máquina.

**Tabla 38:** *Costo de mano de obra mensual*

COSTO MANO OBRA/HORA	TOTAL HORAS/MES	TOTAL (SOLES)
11.25	52.7	592.5
11.25	53.3	600.0
11.25	55.1	620.0
11.25	55.8	627.5
11.25	51.8	582.5
11.25	114.6	1288.8
<b>PROMEDIO</b>		<b>718.5</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 38 muestra el costo total del mantenimiento preventivo con respecto a la mano de obra lo cual está calculado por las horas al mes del mantenimiento preventivo por el costo de la hora de mano de obra.

**Tabla 39:** *Costo de insumos a utilizar mensuales*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (SOLES)	TOTAL MENSUAL (SOLES)
TRAPO INDUSTRIAL	10	3	30
ACEITE LUBRICANTE	4	7.5	30
REFRIGERANTE DELTACOR	20	15	300
OTROS	-	-	50
<b>TOTAL</b>			<b>410</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 39 muestra los insumos más importantes a utilizar en el proyecto, los cuales serán de manera constante, excepto el refrigerante deltacor, ya que también puede haber una variación de la cantidad a utilizar de acuerdo a la producción.



**Tabla 40:** *Detalle de costo de inversión*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNI.	COSTO TOTAL
PC	1	S/3,300.00	S/3,300.00
Impresora	1	S/600.00	S/600.00
Tintas	4	S/44.00	S/176.00
Hojas bon	4 Paquetes	S/12.00	S/48.00
Impresiones	750 hojas	S/0.08	S/60.00
Libros	2	S/25.00	S/50.00
USB	1	S/30.00	S/30.00
Folders manila	4	S/1.00	S/4.00
Lapiceros	8	S/0.50	S/4.00
Movilidad	40	S/2.00	S/80.00
Anillado	12	S/2.50	S/30.00
Horas maquina Stand by	5	S/105.00	S/525.00
Horas hombre	5	S/8.70	S/43.50
Otros gastos	-	S/2.50	S/50.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/5,000.50</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 41:** *Flujo de caja para la implementación del mantenimiento preventivo*

MES	FLUJO	INSUMOS	SOSTENIMIENTO MANTENIMIENTO	AHORRO
0	S/5,000.00			-S/5,000.00
1	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
2	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
3	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
4	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
5	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
6	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
7	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
8	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
9	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
10	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
11	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00
12	S/3,517.50	S/410.00	S/718.50	S/2,389.00

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos obtenidos en las tablas anteriores a la Tabla N° 41, se procedió a analizar el flujo de caja para para calcular la tasa interna de retorno (TIR) como el Valor actual neto (VAN).

**Tabla 42:** *Cálculo del TIR y VAN*

<b>Inversión</b>	S/5,000.00
<b>Tasa Actual</b>	23.02%
<b>VAN</b>	S/4,514.15
<b>TIR</b>	47%

Fuente: Elaboración Propia

Según la **Ley de Impulso al Desarrollo Productivo y al Crecimiento Empresarial**, publicada el 2 de julio del año 2013 en el Diario el peruano, nos dice que la distinción entre **micro, pequeña y mediana empresa** se establece de acuerdo al nivel de ventas anuales efectuadas, los cuales mencionaré a continuación.

- **Microempresa:** Es aquella cuyas ventas anuales no exceden de 150 UIT.
- **Pequeña Empresa:** Es aquella cuyas ventas anuales sobrepasan las 150 UIT, pero no exceden de 1,700 UIT.
- **Mediana Empresa:** Es aquella cuyas ventas anuales sobrepasan las 1,700 UIT, pero no exceden de 2,300 UIT.

La empresa Servicios mineros S.A. posee ventas anuales que ascienden a 480 000 dólares anuales, considerando un tipo de cambio de 3.3 soles el dólar, lo cual se traduce a 1 584 000 nuevos soles, lo cual lo categoriza en el grupo de pequeñas empresas.

Según La Superintendencia de banca y seguro, la tasa de interés promedio para pequeñas empresas es de 23.02%. Realizando los cálculos se determinó que el proyecto es viable y rentable para ser aplicado, debido a que el VAN resulto con un valor positivo

**Tabla 43:** *Cálculo del beneficio - costo*

<b>SUMA DE INGRESOS</b>	S/9,514.15
<b>SUMA DE EGRESOS</b>	S/2,365.46
<b>COSTOS-INVERSIÓN</b>	S/7,365.46
<b>B/C</b>	S/1.29

Fuente: Elaboración Propia

### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Método de Análisis de Datos

#### 3.1.1 Análisis Descriptivo

En el presente Proyecto de investigación, se procederá a realizar un análisis descriptivo de la variable dependiente mediante los resultados obtenidos de un antes y un después de la situación actual y mejorada luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

#### Variable Independiente (Mantenimiento Preventivo)

##### Dimensión 1: Mantenimiento Periódico

##### Indicador: Cumplimiento del Mantenimiento Periódico

**Tabla 44:** Análisis Descriptivo del Cumplimiento de Mantenimiento Periódico

	CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PERIÓDICO	ABRIL - JUNIO
ANTES	$CMP = \left( \frac{MR}{MP} \right) \times 100\%$	73.30%

	CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PERIÓDICO	SET - NOV
DESPUES	$CMP = \left( \frac{MR}{MP} \right) \times 100\%$	98.30%

En la siguiente tabla se observa los resultados porcentuales obtenidos en cuanto al indicador, Cumplimiento del Mantenimiento Periódico, siendo estos 73.30% y 98.30%, de un antes y de un después respectivamente, se evidencia una mejora luego de la implementación del mantenimiento preventivo, obteniendo un 25% más en la diferencia del antes y después.

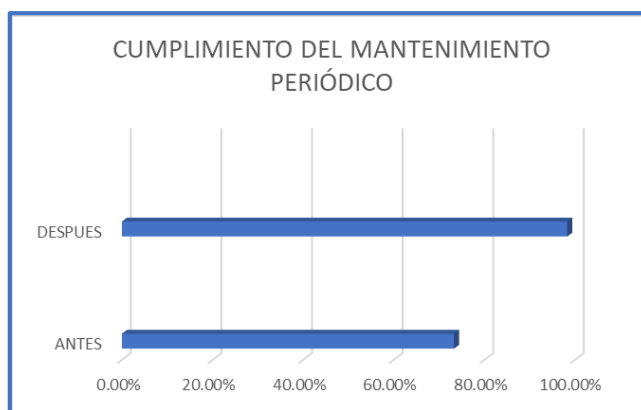


Figura 37: Gráfica de cumplimiento de mantenimiento periódico

En la figura anterior se evidencia gráficamente la mejora obtenida en el indicador Cumplimiento del Mantenimiento Periódico, en base a una recolección de datos pre y post.

## Dimensión 2: Mantenimiento de Fiabilidad

### Indicador: Índice de Fiabilidad

**Tabla 45:** *Tabla de análisis del índice de Fiabilidad*

	ÍNDICE DE FIABILIDAD	ABRIL - JUNIO
ANTES	$IF = \left( \frac{TF}{TPA + TF} \right) \times 100\%$	79.70%

	ÍNDICE DE FIABILIDAD	SET - NOV
DESPUES	$IF = \left( \frac{TF}{TPA + TF} \right) \times 100\%$	94.80%

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla se observa los resultados porcentuales obtenidos en cuanto al indicador, Índice de Fiabilidad, siendo estos 79.70% y 94.80%, de un antes y de un después respectivamente, se evidencia una mejora luego de la implementación del mantenimiento preventivo, obteniendo un 15.1% más en la diferencia del antes y después

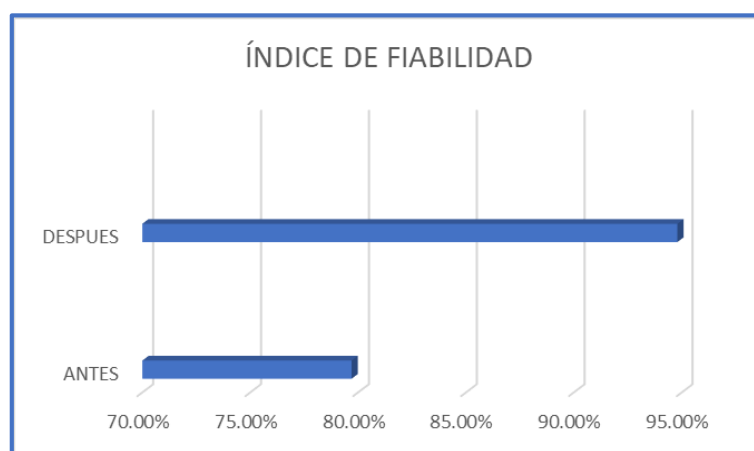


Figura 38: Gráfica de Índice de Fiabilidad

En la figura anterior se evidencia gráficamente la mejora obtenida en el indicador Cumplimiento del Mantenimiento Periódico, en base a una recolección de datos pre y post.

## Variable Dependiente (Productividad)

### Dimensión 1: Eficiencia

#### Indicador: Tiempo de Producción

**Tabla 46:** *Tabla de tiempo de producción*

	TIEMPO DE PRODUCCIÓN	ABRIL - JUNIO
ANTES	$TP = \left( \frac{HMA - HMB}{HMA} \right) \times 100 \%$	79.70%

	TIEMPO DE PRODUCCIÓN	SET - NOV
DESPUES	$TP = \left( \frac{HMA - HMB}{HMA} \right) \times 100 \%$	94.80%

En la Tabla siguiente se observa que el porcentaje tiempo de producción antes de la implementación se registró un porcentaje promedio del 79.70% y después de la implementación de la mejora el porcentaje promedio subió a 94.8%. diferenciándose en un 15.1%. A continuación, se muestra la gráfica del escenario del indicador Tiempo de Producción en el área de mecanizado.

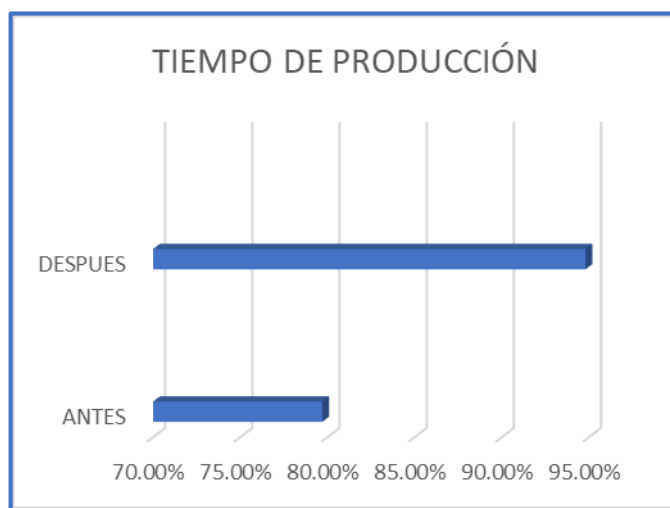


Figura 39: Gráfica de Tiempo Producción

En la figura anterior se puede evidenciar gráficamente la mejora en el indicador tiempo de producción con respecto a una toma de datos antes y después de la mejora.

## Dimensión 2: Eficacia

### Indicador: Cumplimiento de Producción

**Tabla 47:** *Tabla de análisis descriptivo del Cumplimiento de a Producción*

	CUMPLIMIENTO DE PRODUCCIÓN	ABRIL - JUNIO
ANTES	$CP = \frac{PR}{PP} \times 100\%$	87.80%

	CUMPLIMIENTO DE PRODUCCIÓN	SET - NOV
DESPUES	$CP = \frac{PR}{PP} \times 100\%$	90.40%

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla siguiente se observa que el porcentaje Cumplimiento de producción antes de la implementación se registró un porcentaje promedio del 87.80% y después de la implementación de la mejora el porcentaje promedio subió a 90.4%. A continuación, se muestra la gráfica del escenario del indicador Cumplimiento de Producción en el área de mecanizado.

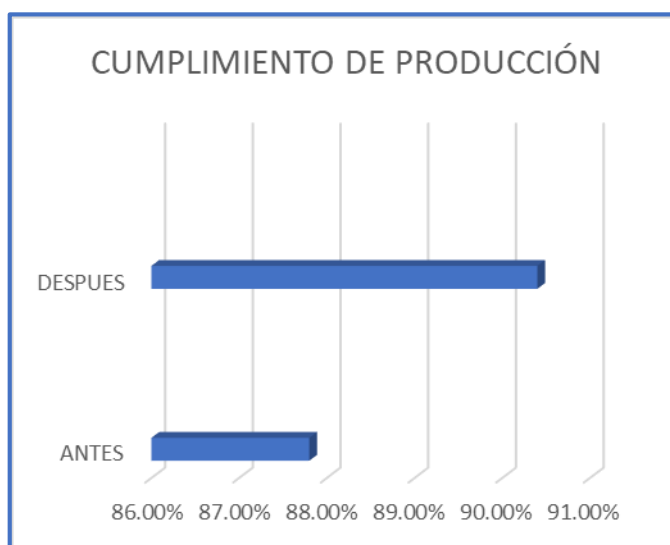


Figura 40: Gráfica de Cumplimiento de Producción

En la figura anterior se puede evidenciar gráficamente la mejora en el indicador tiempo de producción con respecto a una toma de datos antes y después de la mejora.

### 3.2. Análisis Inferencial

#### Variable Dependiente: Productividad

Ha: La implementación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

Con la finalidad de probar la hipótesis general, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a las series de la productividad antes y después tienen un comportamiento paramétrico o no paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad de 60, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov

#### Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

**Tabla 48:** Prueba de normalidad de Productividad con Kolmogorov-Smirnov

	Pruebas de normalidad		
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Estadístico	gl	Sig.
PRODUCTIVIDA ANTES	,099	60	,200*
PRODUCTIVIDAD DESPUES	,170	60	,000

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N° 48, se puede confirmar que la significancia de la productividad antes y después es 0,200 y 0,000, respectivamente, dado que la productividad antes es mayor a 0.05, se considera un comportamiento paramétrico y la productividad después es menor a 0.05, se considera un comportamiento no paramétrico, por consiguiente y de acuerdo con la regla de decisión, se asume para el análisis de la contratación de la hipótesis el uso del estadígrafo de Wilcoxon.



### Contrastación de la hipótesis general:

**Ho:** La implementación del mantenimiento preventivo no incrementa la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

**Ha:** La implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

### Regla de decisión:

$$\mathbf{Ho:} \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$\mathbf{Ha:} \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

**Tabla 49:** Comparación de medias de productividad antes y después con Wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
PRODUCTIVIDA ANTES	60	,70750	,087082	,469	,906
PRODUCTIVIDAD DESPUES	60	,85758	,087229	,625	1,000

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N° 49 , ha quedado demostrado que la media de la productividad antes (70.75) es menor que la media de la productividad después (85.75), por consiguiente no se cumple **Ho:**  $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , en tal razón se rechaza la hipótesis nula que nos dice que la implementación del mantenimiento preventivo no incrementa la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios mineros S.A y se acepta la hipótesis de investigación o alterna, **Ho:**  $\mu_{Pa} < \mu_{Pd}$  por la cual queda demostrado que la implementación del mantenimiento preventivo incrementa la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios mineros S.A. como lo indica en el histograma del pre test y post test.

A fin de confirmar que el análisis anterior es correcto, se procederá a realizar el análisis mediante el **p**valor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas dimensiones.

**Regla de decisión:**

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

**Tabla 50 :** Estadístico de prueba - Wilcoxon

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre PRODUCTIVIDA ANTES y PRODUCTIVIDAD DESPUÉS es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la productividad antes y después es de 0.000, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que la implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A.

**Dimensión Variable dependiente: Eficiencia**

Ha: La implementación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

De la misma manera que con la hipótesis general, se analizan los datos de un antes y después de la primera hipótesis específica, eficiencia, para determinar si estos tienen un comportamiento paramétrico o no paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad de 60, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov

**Regla de decisión:**

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

**Tabla 51:** Prueba de normalidad de la Eficiencia con Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de normalidad			
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Estadístico	gl	Sig.
EFICIENCIA ANTES	,155	60	,001
EFICIENCIA DESPUES	,264	60	,000

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N°51 se puede confirmar que la significancia de la eficiencia antes y después es 0,01 y 0,000, dado que la eficiencia antes y después es menor que 0.05, por consiguiente y de acuerdo con la regla de decisión, se asume para el análisis de la contratación de la hipótesis el uso de un estadígrafo paramétrico, para este caso se utilizará la prueba de Wilcoxon.

#### Contrastación de la Primera hipótesis Específica:

**Ho:** La implementación del mantenimiento preventivo no mejora la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

**Ha:** La implementación del mantenimiento preventivo mejora la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

#### Regla de decisión:

$$\mathbf{Ho:} \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$\mathbf{Ha:} \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

**Tabla 52:** Comparación de medias de la eficiencia antes y después con Wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
EFICIENCIA ANTES	60	,79740	,067954	,625	,938
EFICIENCIA DESPUES	60	,94844	,044502	,813	1,000

De la Tabla N°52 , ha quedado demostrado que la media de la eficiencia antes (0.7974) es menor que la media de la eficiencia después (0.9484), por consiguiente no se cumple **H<sub>0</sub>:  $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$** , en tal razón se rechaza la hipótesis nula de que la implementación del mantenimiento preventivo no incrementa la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. y se acepta la hipótesis de investigación o alterna, **H<sub>0</sub>:  $\mu_{Pa} < \mu_{Pd}$** , la cual demuestra que la implementación del mantenimiento preventivo incrementa la eficiencia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. tal como lo indica en el histograma del pre test y post test.

A fin de confirmar el análisis anterior, se procederá a realizar el análisis mediante el **p**valor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas dimensiones.

#### Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

**Tabla 53:** Estadístico de prueba - Wilcoxon

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre EFICIENCIA ANTES y EFICIENCIA DESPUES es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la eficiencia antes y después es de 0.000, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que la implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A.

### Dimensión Variable dependiente: Eficacia

Ha: La implementación del mantenimiento preventivo incrementa la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

A fin de poder contrastar la segunda hipótesis específica, Eficacia, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a las series de la eficacia antes y después tienen un comportamiento paramétrico o no paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad de 60, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov

### Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

**Tabla 54:** Prueba de normalidad de la Eficacia con Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de normalidad				
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			
	Estadístico	gl	Sig.	B
EFICACIA ANTES	,121	60	,028	
EFICACIA DESPUES	,214	60	,000	

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N°46 se puede confirmar que la significancia de la eficiencia antes y después es 0,28 y 0,000, dado que la eficacia antes es mayor a 0.05, se considera un comportamiento paramétrico y la eficacia después es menor a 0.05, se considera un comportamiento no paramétrico, por consiguiente y de acuerdo con la regla de decisión, se asume para el análisis de la contratación de la hipótesis el uso de un estadígrafo el uso del estadígrafo de Wilcoxon.

### Contrastación de la Segunda hipótesis Específica:

**Ho:** La implementación del mantenimiento preventivo no mejora la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

**Ha:** La implementación del mantenimiento mejora incrementa la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. Callao, 2019.

**Regla de decisión:**

**Ho:**  $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$

**Ha:**  $\mu_{Pa} < \mu_{Pd}$

**Tabla 55:** Comparación de medias de la eficacia antes y después con Wilcoxon

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
EFICACIA ANTES	60	,88643	,068932	,625	1,000
EFICACIA DESPUES	60	,90357	,075078	,667	1,000

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N°55, ha quedado demostrado que la media de la eficacia antes (0.88643) es menor que la media de la eficacia después (0.90357), por consiguiente no se cumple **Ho:**  $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , en tal razón se rechaza la hipótesis nula de que la implementación del mantenimiento preventivo no incrementa la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. y se acepta la hipótesis de investigación o alterna, **Ha:**  $\mu_{Pa} < \mu_{Pa}$ , la cual demuestra que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la eficacia en el área de mecanizado de Servicios mineros S.A. como lo indica en el histograma del pre test y post test.

A fin de confirmar el análisis anterior, se procederá a realizar el análisis mediante el **p**valor o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de Wilcoxon a ambas dimensiones.

**Regla de decisión:**

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

**Tabla 56:** Estadístico de prueba - Wilcoxon

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre EFICACIA ANTES y EFICACIA DESPUES es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,015	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se puede verificar que la significancia de la prueba de Wilcoxon, aplicada a la eficacia antes y después es de 0.15, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que la implementación del mantenimiento preventivo mejora la productividad en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A.

#### **IV. DISCUSIÓN**



Los resultados obtenidos en la presente tesis, con la implementación del plan de mantenimiento preventivo al área de mecanizado de Servicios Mineros S.A. fueron favorables, debido a que se logró incrementar con éxito los indicadores de la variable dependiente e independiente, de las cuales las que más resaltan son las siguientes, la eficacia se incrementó de un 79.7% a 90.4%, la eficiencia se incrementó de 88.6% a 94.87% y la productividad de un 70.8% a 85.8%, logrando de esta manera un incremento de 13.4%, 7.07%, y 21.1% respectivamente, los cuales equivalen a 10.7, 6.27, y 15 puntos porcentuales.

Al respecto, Vásquez, Julio (2018) en su tesis para obtener el título de ingeniero industrial, titulado: Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo eléctrico para incrementar la productividad de la máquina desmoldeadora en la empresa FUNVESA, Callao, tuvo resultados favorables, ya que con la propuesta de su proyecto logró incrementar la eficacia en un 12.16%, la eficiencia en un 24.67% y la productividad en un 21.66%, demostrando de esta manera sus hipótesis planteadas y logrando su objetivo principal, el cual fue mejorar la productividad de la máquina desmoldeadora.

Así mismo, Nallusamy S. y Adil Ahamed M. (2017) en la Revista Internacional de Investigación en Ingeniería en África (Departamento de Ingeniería Mecánica) Instituto de Investigación y Educación G R, Chennai. Tamilnadu-India, titulado: Implementation of Lean Tools in an Automotive Industry for Productivity Enhancement - A Case Study. Logró sus objetivos propuestos los cuales fueron analizar, identificar y eliminar las actividades que no poseen valor agregado. Con la implementación de Lean tools los investigadores obtuvieron un incremento de la eficacia del ciclo de proceso en un 10%, como también otros resultados bastante importantes, entre ellos el que más destaca es la reducción de tiempos que no generan valor agregado en un 13%. La eficacia en esta revista indexada arroja un valor similar al de nuestra investigación en lo que corresponde a eficacia, siendo el de la presente tesis un 3.4% mayor.

Finalmente, Buelvas, Camilo y Martínez, Kevin (2014) en su tesis para obtener el título de ingeniero mecánico, denominado: Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L & L. Tesis Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla-Colombia. La investigación tuvo resultados favorables acordes a su objetivo principal, la

aplicación de su variable independiente (plan de mantenimiento preventivo) mejoró el desempeño operacional de la flota de camiones de la empresa de trasportes a la que fue aplicada, también obtuvo resultados muy beneficiosos respecto a la efectividad (costes y disponibilidad) de este mantenimiento. Así mismo el logro que más resalta y va a relacionado con la presente tesis, es el incremento de eficacia en un 9% que está muy cercana a nuestra eficacia (13.4%), sin embargo el autor sugiere que para obtener un incremento más exacto requiere de un tiempo de estudio más prolongado

## **V. CONCLUSIONES**

La aplicación del mantenimiento preventivo mejoró la productividad del área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A., esto fue comprobado ya que antes de la aplicación del mantenimiento preventivo poseía una productividad de 70.8% (15 de abril al 27 de junio) y después de la aplicación se mejoró la productividad a 85.8% (02 de septiembre al 11 de noviembre), cumpliendo de esta manera el objetivo principal de esta investigación, lo cual incremento la productividad en 15 puntos porcentuales equivalente a 21.1%.

La aplicación del mantenimiento preventivo mejoró la eficiencia del área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A., esto fue comprobado ya que antes de la aplicación del mantenimiento preventivo poseía una eficiencia de 88.6% (15 de abril al 27 de junio) y después de la aplicación se mejoró la eficiencia a 94.87% (02 de septiembre al 11 de noviembre), cumpliendo de esta manera el segundo objetivo de esta investigación, es decir, mejoró la eficiencia en 6.27 puntos porcentuales equivalente a 7.07%.

La aplicación del mantenimiento preventivo mejoró la eficacia del área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A., esto fue comprobado ya que antes de la aplicación del mantenimiento preventivo poseía una eficacia de 79.7% (15 de abril al 27 de junio) y después de la aplicación se mejoró la eficacia a 90.4% (02 de septiembre al 11 de noviembre), cumpliendo de esta manera el segundo objetivo de esta investigación, es decir, mejoró la eficacia en 13.4 puntos porcentuales equivalente a 10.7%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es de vital importancia llevar un control estricto del mantenimiento preventivo, e instar a que el personal implicado pueda brindar ideas, sugerencias, para realizar la mejora continua.
- Cumplir en lo posible las fechas establecidas y programadas para el mantenimiento preventivo.
- Tener todos los recursos necesarios para realizar los trabajos de mantenimiento preventivo o correctivo, como herramientas, equipos, instrumentos, personal, repuestos, entre otros.
- Evitar en lo posible realizar soluciones provisionales, ya que a largo plazo puede dañar significativamente o de forma irremediable al equipo, de la misma forma puede ocasionar consecuencias fatales a las personas involucradas de forma directa o indirecta al trabajo, debido a que estas soluciones provisionales son sumamente riesgosas.
- Aprovechar las paradas de máquina para capacitar al personal en seguridad y mantenimiento.
- La aplicación del mantenimiento preventivo es uno de los primeros pasos y a la vez sirve como punto de partida para aplicar una metodología mucho más completa y más fructífera, como lo es el TPM, lo cual requiere un tiempo de estudio más prolongado y está orientado a conservar las maquinarias o equipos en alta disposición para producir a su máxima capacidad los productos manteniendo el estándar de calidad esperado, evitando en lo posible paradas imprevistas o no programadas.

## **REFERENCIAS**

## TESIS

- ALTAMIRANO, Yosan y ZAVALETA, Maximo. en su tesis “Plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejora de la productividad en la empresa NAYLAMP”. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial, Universidad Señor de Sipan. Chiclayo-Perú, 127pp.
- ANGEL, Rafael y OLAYA, Hector. (2014) en su tesis “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel” Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira-Colombia, 214 pp.
- BUELVAS, Camilo y MARTÍNEZ, Kevin. (2014). En su tesis “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L & L.” Tesis para optar por el grado de Ingeniero Mecánico, Universidad Autónoma del Caribe. Barranquilla-Colombia, 250 pp.
- CAYCHO, Gloria. (2017). En su tesis “Implementación de un sistema de incentivos para la mejora de la productividad en una empresa de confecciones textil”. Para acceder al título de Ingeniero Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú, 145pp
- GARCÉS, Luis. (2016). En su tesis “Mejoramiento de la productividad de la línea de extrusión de la empresa Cedal, empleando la metodología Six Sigma.” para optar por el grado de Magíster en ingeniería industrial y productividad, Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador, 125 pp.
- GONZALES, Jorge. (2016). En su tesis “Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa LATERCER S.A.C.” Tesis para optar por el grado de Ingeniero Industrial, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo-Perú, 140 pp.



- QUISPE, Americo. (2015). En su tesis “Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la línea-63 en el proceso de embotellado de la empresa corporación LINDLEY S.A. SJL. 2015.” para optar por el título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo. Lima-Perú, 156 pp.
- REYES, Edgar. (2016). En su tesis “Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en el centro de beneficiado de aves Chimú Agropecuaria”. Para optar por el título de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte, Trujillo-Perú, 125 pp.
- VÁSQUEZ, Julio. (2018). en su tesis “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo eléctrico para mejorar la productividad de la maquina desmoldeadora en la empresa FUNVESA, Callao 2018”. Para optar por el título de Ingeniero Industrial, Universidad Cesar Vallejo. Callao-Perú, 147 pp.

### **LIBROS**

- BERNAL, C. Metodología de la investigación. 3a. ed. Colombia: Pearson Educación, 2010. 59-161 p.  
ISBN: 978 958 699 128 5
- CRUELLES, J. Productividad e Incentivos. 1° Ed. México: Editorial Alfaomega Grupo Editor, 2013. 220 pp.  
ISBN: 9788426720368
- DUFFUAA, Rixon. Sistema de mantenimiento planeación y control. México: Editorial Limus, Grupo Noriega Editores. 2000. 404 pp.  
ISBN: 968-18-5918-9

- GONZALES, D. Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo. 1° era edición, Ediciones Paraninfo S.A, 2016. 246 pp.  
ISBN: 978-84-283-3844-8
  
- GUTIÉRREZ, H. (2009), “Calidad total y productividad”. 3.ª ed. México: McGrawHill/Interamericana Editores S.A., 383 pp.  
ISBN: 9786071503152
  
- GONZALES, D. Manual Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo. 1° era edición, Ediciones Paraninfo S.A, 2016. 246 pp.  
ISBN: 978-84-283-3844-8
  
- HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, M. (2014), “Metodología de la Investigación”. 6ª ed. Mexico D.F., McGraw-Hill/Interamericana Editores, 600 pp.  
ISBN: 978-4562-2396-0
  
- JIMENEZ, F. (2015), “Manenimiento Preventivo de Sistemas Industriales”. 1° era edición, Ediciones: IC Editorial,250 pp.  
ISBN: 978 928 699 156 4
  
- JIMENEZ, R. Propuesta de metodología y estándares para la administración de proyectos en las pequeñas y medianas empresas de software con base en los estándares del PMI. 2012
  
- JOHNSON, R. y KUBY, P. (2012), “Estadística elemental”. 11ª ed. México, D.F.: Cengage Learning Editores., 44 pp.  
ISBN:978-607-481-807-9
  
- KANTI, T y CUDNEY, E (2016). “*Total Productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide*”, U.S.: series editor, 292 pp.

ISBN: 9781482255386

- MARTINEZ, Ciro. (2012), “Estadística y muestreo”. 13 ra. ed. Colombia: ECOE Ediciones, 898 pp.

ISBN: 978-958-648-702-3

- MONTILLA, Carlos. Fundamentos de mantenimiento industrial. Editorial UTP S.N., Colombia, 2016, 220 pp.

ISBN: 978-958-722-238-8

- PEDROZA, Henry., “Sistema de análisis estadístico SPSS”. Editorial: LITONI, Nicaragua, 2011, 151 pp.

ISBN: 978-92-9039-790-8

- REY, Francisco. Manual de Mantenimiento Integral en la empresa. Ediciones fundación Confemetal. España, 2005, 166pp.

ISBN: 8496169545

- SANCHEZ Flick, U. Introducción a la investigación cualitativa. Ediciones Morata S.A, Madrid, 2004, 132 pp.

ISBN: 145-25-485-65

## **ARTICULOS**

- ALSYUOF, Imad. (2014). En su artículo científico “The role of maintenance in improving companies’productivity and profitability”. International Journal of Production Economics. 105 (1):70-78, Recuperado el 23 de abril del 2019, [https://www.researchgate.net/publication/223659433\\_The\\_role\\_of\\_maintenance\\_in\\_improving\\_companies'\\_productivity\\_and\\_profitability](https://www.researchgate.net/publication/223659433_The_role_of_maintenance_in_improving_companies'_productivity_and_profitability).

- NALLOUSAMY, S. y ADIL AAHMED, M. (2017) en su artículo científico “Implementation of Lean Tools in an Automotive Industry for Productivity

Enhancement- A Case Study. Revista Internacional de Investigación en Ingeniería en África”. 41 (6): 568-572 pp. recuperado el 24 de abril del 2019, <https://pdfs.semanticscholar.org/6e59/2fed9a1006f5ec25179fbee3c33f13860e7.pdf>.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Ficha de observación N°1

## FICHA DE OBSERVACIÓN N°1

<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>	SERVICIOS MINEROS S.A
------------------------------	-----------------------

<b>ÁREA OBSERVADA:</b>	ÁREA DE MECANIZADO
------------------------	--------------------

<b>EVALUADOR:</b>	ANGELES HUANGAL YESSSENIA
	BALDEON COCA JULIO

<b>FECHA DE OBSERVACIÓN:</b>	15 DE ABRIL DEL 2019
------------------------------	----------------------

<b>OBJETIVO:</b>	Observar y evaluar los principales problemas en el area de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A
------------------	---

N° ORDEN	LISTA DE CAUSAS
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	

## Anexo 2. Constancia de valides y confiabilidad de datos

Lima 11 de junio del 2018

### Constancia de validez y confiabilidad de datos

Quienes suscriben, Angeles Huangal, Yessenia Estefany con DNI: 47215069 y Baldeon Coca, Julio Luis con DNI: 47137442, estudiantes de noveno ciclo de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo.

La presente constancia se elaboró con el propósito de validar que todos los datos recolectados para la elaboración del proyecto de investigación titulado: Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de mecanizado de la empresa Serminsa Mineros S.A., Callao, 2019, fueron recolectados de manera objetiva de la empresa, siendo estos datos reales, registrados en las fichas de observación, las cuales son tomadas como instrumento que evidencian información clara y confiables en este proyecto.

Pare efectos de confiabilidad y valides este documento será firmado por el gerente de operaciones de Servicios mineros S.A., quien está a cargo de toda actividades en el área de mecanizado.

SERVICIOS MINEROS S.A.

Ing. Carlos Sánchez

Gerente de Operaciones

Ing. Carlos Sanchez Huamani

GERENTE DE OPERACIONES



Angeles Huangal Yessenia E.

INVESTIGADOR



Baldeon Coca Julio Luis

INVESTIGADOR

### Anexo 3. Instrumento de recolección de datos de Eficacia

DIMENSIÓN		EFICACIA			
INDICADOR		$CP = \left( \frac{PR}{PP} \right) \times 100 \%$			
					
MES	N° DATO	DIA	PRODUCCIÓN PROGRAMADA (PP)	PRODUCCIÓN REAL (PR)	CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN (CP) %
	1	LUNES 15	40	35	87.5
	2	MARTES 16	30	26	86.7
	3	MIÉRCOLES 17	60	45	75.0
	4	LUNES 22	50	42	84.0
	5	MARTES 23	42	36	85.7
	6	MIÉRCOLES 24	30	27	90.0
	7	JUEVES 25	28	26	93.0
	8	VIERNES 26	30	30	100.0
	9	SABADO 27	26	20	76.9
	10	LUNES 29	15	13	86.7
	11	MARTES 30	26	24	92.3
	12	JUEVES 02	25	20	80.0
	13	VIERNES 03	28	26	92.9
	14	SABADO 04	30	28	93.3
	15	LUNES 06	20	18	90.0
	16	MARTES 07	40	38	95.0
	17	MIÉRCOLES 08	35	30	85.7
	18	JUEVES 09	20	15	75.0
	19	VIERNES 10	26	20	76.9
	20	SABADO 11	28	26	92.9
	21	LUNES 13	40	38	95.0
	22	MARTES 14	26	22	84.6
	23	MIÉRCOLES 15	24	24	100.0
	24	JUEVES 16	30	24	80.0
	25	VIERNES 17	28	26	92.9
	26	SABADO 18	48	43	89.6
	27	LUNES 20	16	14	87.5
	28	MARTES 21	13	12	92.3
	29	MIÉRCOLES 22	16	10	62.5
	30	JUEVES 23	26	22	84.6

SERVICIOS MINEROS S.A.  
 Ing. Carlos Sánchez  
 Gerente Operaciones




#### Anexo 4. Instrumento de recolección de datos de Eficiencia

DIMENSIÓN	EFICIENCIA				
INDICADOR	$CMP = \left( \frac{HMA - HMB}{HMA} \right) \times 100 \%$				
MES	N° DATO	DIA	HORAS MAQUINA PROGRAMADA (HMA)	HORAS MAQUINA PERDIDAS (HMB)	CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PERIODICO (CMP) %
	1	LUNES 15	8	1.5	81.3
	2	MARTES 16	8	1	87.5
	3	MIERCOLES 17	8	1.25	84.4
	4	LUNES 22	8	1.25	84.4
	5	MARTES 23	8	2.25	71.9
	6	MIERCOLES 24	8	1.25	84.4
	7	JUEVES 25	8	2	75.0
	8	VIERNES 26	8	1.5	81.3
	9	SABADO 27	8	1	87.5
	10	LUNES 29	8	1.25	84.4
	11	MARTES 30	8	2	75.0
	12	JUEVES 02	8	2.25	71.9
	13	VIERNES 03	8	2	75.0
	14	SABADO 04	8	2	75.0
	15	LUNES 06	8	1.5	81.3
	16	MARTES 07	8	1	87.5
	17	MIERCOLES 08	8	1.25	84.4
	18	JUEVES 09	8	3	62.5
	19	VIERNES 10	8	2.25	71.9
	20	SABADO 11	8	1.25	84.4
	21	LUNES 13	8	2	75.0
	22	MARTES 14	8	1.5	81.3
	23	MIERCOLES 15	8	0.75	90.6
	24	JUEVES 16	8	1.25	84.4
	25	VIERNES 17	8	3	62.5
	26	SABADO 18	8	2.25	71.9
	27	LUNES 20	8	1.75	78.1
	28	MARTES 21	8	2	75.0
	29	MIERCOLES 22	8	1.5	81.3
	30	JUEVES 23	8	1	87.5

SERVICIOS INVEROS S.A.  
Ing. Carlos Sánchez  
Gerente de Operaciones

## Anexo 5. Instrumento de recolección de datos de Productividad

DIMENSIÓN	PRODUCTIVIDAD				
INDICADOR	PRODUCTIVIDAD = (EFICIENCIA X EFICACIA) X 100 %				
					 <b>SERMINSA</b> LOCOMOTORAS MINERAS
MES	N° DATO	DIA	EFICIENCIA %	EFICACIA %	PRODUCTIVIDAD %
	1	LUNES 15	81.3	87.5	71.1
	2	MARTES 16	87.5	86.7	75.8
	3	MIÉRCOLES 17	84.4	75.0	63.3
	4	LUNES 22	84.4	91.4	77.1
	5	MARTES 23	71.9	96.0	69.0
	6	MIÉRCOLES 24	84.4	90.0	75.9
	7	JUEVES 25	75.0	92.9	69.6
	8	VIERNES 26	81.3	100.0	81.3
	9	SABADO 27	87.5	76.7	67.3
	10	LUNES 29	84.4	86.7	73.1
	11	MARTES 30	75.0	92.3	69.2
	12	JUEVES 02	71.9	80.0	57.5
	13	VIERNES 03	75.0	92.9	69.6
	14	SABADO 04	75.0	13.3	10.0
	15	LUNES 06	81.3	90.0	73.1
	16	MARTES 07	87.5	95.0	83.1
	17	MIÉRCOLES 08	84.4	85.7	72.3
	18	JUEVES 09	62.5	75.0	46.9
	19	VIERNES 10	71.9	76.7	55.3
	20	SABADO 11	84.4	92.9	78.3
	21	LUNES 13	75.0	96.0	71.3
	22	MARTES 14	84.4	84.6	68.3
	23	MIÉRCOLES 15	90.6	100.0	90.6
	24	JUEVES 16	84.4	80.0	67.5
	25	VIERNES 17	62.5	72.9	58.0
	26	SABADO 18	71.9	89.6	64.4
	27	LUNES 20	78.1	87.5	68.4
	28	MARTES 21	75.0	92.3	69.2
	29	MIÉRCOLES 22	81.3	62.5	50.8
	30	JUEVES 23	87.5	54.6	47.0

SERVICIOS MINEROS S.A.  
Ing. Carlos Sánchez  
Gerente de Operaciones

## Anexo 6. Instrumento de recolección de datos de las causas

### FICHA DE OBSERVACIÓN

NOMBRE DE LA EMPRESA: SERVICIOS MINEROS S.A

ÁREA OBSERVADA: ÁREA DE MECANIZADO

EVALUADOR: ANGELES HUANGAL YESSSENIA  
BALDEON COCA JULIO

FECHA DE OBSERVACIÓN: 15 DE ABRIL DEL 2019

OBJETIVO: Observar y evaluar los principales problemas en el área de mecanizado de la empresa Servicios Mineros S.A

N° ORDEN	LISTA DE CAUSAS
1	Falta de estandarización de los procesos
2	Ambiente de trabajo inadecuado
3	Lugar de trabajo desordenado
4	No posee stock en el almacén
5	Falta de guardas de protección
6	Baja iluminación y ventilación
7	Falta de control de calidad de los procesos terminados
8	Falta de control de productos terminados
9	Excesivo mantenimiento correctivo
10	Política de mantenimiento preventivo inexistente
11	Demoras en encontrar las cosas
12	Flujo grama de procesos de mantenimiento inexistente
13	Alto porcentaje de tardanzas y ausentismos
14	Manipulación incorrecta de las maquinas
15	Falta de compromiso del personal
16	Duplicidad de funciones
17	Desconocimientos de procedimientos
18	No se sigue un plan de mantenimiento preventivo
19	Excesiva carga de trabajo
20	Los operarios no reportan las fallas presentes en el área
21	Elevado % de mantenimientos correctivos
22	Equipos de medición en mal estado
23	Falta de capacitación técnica
24	Repuestos fuera de medidas
25	Inexistencia de formatos para el reporte de fallas o averías
26	Información cargada en el sistema desactualizado
27	Herramientas inadecuadas para el área de mecanizado
28	Elevado % de cambio de repuestos
29	Personal técnico no capacitado
30	Falta de instructivo a detalle por máquina
31	Falta de capacitación sobre mantenimiento preventivo
32	Falta de instrumentos de medición
33	No se realiza la calibración de los equipos
34	Inadecuado uso de instrumentos de medición
35	Repuestos de Baja Calidad
36	Falta de base de datos de mantenimiento
37	No hay registro de control de mantenimiento preventivo
38	No existe un orden y limpieza adecuada

SERVICIOS MINEROS S.A.  
Ing. Verónica Sánchez  
Gerente de Operaciones

## Anexo 7. Formato de registro de fallas

[illegible]



## Registro de Capacitación

 <b>SERMINSA</b> LOCOMOTORAS MINERAS	<b>REGISTRO DE ASISTENCIA</b>		REGISTRO N°: RM_001_000	
			VERSIÓN:	1.0
			ELABORADO POR:	J. BALDEON

LUGAR: Planta Servicios Mineros SA FECHA: \_\_\_\_\_  
 EXPOSITOR: Yessenia Angeles Huangal / Julio Baldeon c.  
 TEMA: Implementación del mantenimiento preventivo en el área de mecanizado  
 HORA INICIO: 12:00 PM HORA FIN: 13:00

<b>TIPO</b>	
Charlas ocupacionales	<input type="checkbox"/>
Capacitación	<input checked="" type="checkbox"/>
Reunión	<input type="checkbox"/>
Simulacro	<input type="checkbox"/>
Otros: _____	

ORGANIZADO POR:

ÁREA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL ☐ OTRO: Estudiantes 10mo ciclo Ing. Industrial

OBJETIVO(S): dar a conocer el plan de mantenimiento preventivo  
Determinar funciones del área de mantenimiento  
Determinar las frecuencias de mantenimiento

MATERIALES ENTREGADOS: \_\_\_\_\_

PARTICIPANTES			
Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	FIRMA
1	Walter Leon GARCIA	25551438	<i>[Firma]</i>
2	ALBERTO FLORES GARCIA	08624981	<i>[Firma]</i>
3	J. DAVID MARTIN RENDON	46475852	<i>[Firma]</i>
4	MARTIN NIZAMA SULLON	25617595	<i>[Firma]</i>
5	Baldeon Coca Julio Luis	47137442	<i>[Firma]</i>
6	Angeles Huangal Yessenia	47215069	<i>[Firma]</i>
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			

ACUERDOS Y/O COMPROMISOS: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*[Firma]*

\_\_\_\_\_

## Formato de Encuesta

ENCUESTA MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
¿Con que frecuencia se presenta las siguientes causas relacionados con la productividad en el área de mecanizado?							
FRECUENCIA	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	NORMALMENTE	A VECES	DE VEZ EN CUANDO	RARA VEZ	NUNCA
VALOR (Días)	30	25	20	15	10	5	0
<b>1.- Personal técnico no calificado</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>2.- No cuentan con un programa de Capacitación sobre mantenimiento</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>3.- Los operarios no reportan las fallas presentes en el área</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>4.- Mala utilización de repuestos</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>5.- Repuestos de baja calidad</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>6.- Inexistencia de formatos para el reporte de fallas o averías</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>7.- Política de mantenimiento preventivo inexistente</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>8.- Organigrama de mantenimiento inexistente</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>9.- Manipulación incorrecta de las maquinas</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>10.- Herramientas inadecuadas para el área de mecanizado</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>11.- No cuenta con un plan de mantenimiento preventivo</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>12.- Inadecuado control en la calibración de los equipos</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>13.- Equipos de medición en mal estado</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>14.- No hay registro de control de mantenimiento preventivo</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>15.- Ambiente con poca iluminación y ventilación</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	
<b>16.- No existe un orden y limpieza adecuada</b>							
SIEMPRE ( )	CASI SIEMPRE ( )	NORMALMENTE ( )	A VECES ( )	DE VEZ EN CUANDO ( )	RARA VEZ ( )	NUNCA ( )	

## Anexo 8. Juicio de expertos



### CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita): .....

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiantes del programa de la EAP de ingeniería industrial de la UCV, en la sede Lima norte, promoción 2019, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Magister.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **"Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el área de mecanizado de la empresa servicios mineros S.A., Callao, 2019"** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,

Firma  
Apellidos y nombre:  
ANGELES HUANGAL, YESSENIA E.  
D.N.I: 47215069

Firma  
Apellidos y nombre:  
BALDEON COCA, JULIO L.  
D.N.I: 47137442

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Dimensión 1: MANTENIMIENTO PERIÓDICO							
	$CMP = \frac{\text{Mantenimiento realizado}}{\text{Mantenimiento planificado}} \times 100$	/		/		/		
	CMP → Cumplimiento de mantenimiento periódico							
	MR → Mantenimiento Realizado							
2	Dimensión 2: MANTENIMIENTO DE FIABILIDAD							
	$MTBF = \frac{TF}{NP} \times 100$	/		/		/		
	MTBF = Índice de Fiabilidad							
	TF = Tiempo de funcionamiento							
	NP = Número de averías							

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

SI NO

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable ☒    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: BRAUN ROMERO, CEONDA DNI: 08634346

Especialidad del validador: ING. INDUSTRIAL, MSc, Doctor

06 de 06 del 20...

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
 Firma del Experto Informante.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Dimensión 1: EFICIENCIA							
1	$TP = \frac{HM \text{ Programada} - HM \text{ Perdida}}{HM \text{ Programada}} \times 100$ <p>TP = Tiempo de producción HM = Horas Máquina</p>	/		/		/		
	Dimensión 2: EFICACIA	Si	No	Si	No	Si	No	
2	$CP = \frac{PR}{PP} \times 100$ <p>CP = Cumplimiento de producción PR = Producción Real PP = Producción Programada</p>	/		/		/		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SI HAY

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] No aplicable [☐]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: BRAVO ROJAS LEONOR Y DNI: 08634346

Especialidad del validador: ING INDUSTRIAL M.B.A. DR

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

06 de 06 del 2019

Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Dimensión 1: MANTENIMIENTO PERIÓDICO							
1	$CMP = \frac{\text{Mantenimiento realizado}}{\text{Mantenimiento planificado}} \times 100$ CMP → Cumplimiento de mantenimiento periódico MR → Mantenimiento Realizado MP → Mantenimiento Planificado	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: MANTENIMIENTO DE FIABILIDAD							
2	$MTBF = \frac{TF}{NP} \times 100$ MTBF = Índice de Fiabilidad TF = Tiempo de funcionamiento NP = Número de averías	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): si hoy

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable ☒    Aplicable después de corregir ☐    No aplicable ☐

Apellidos y nombres del juez validador: Dr/ Mg: Jorge Mulpartida G    DNI: 10400396

Especialidad del validador: Ing. Industrial

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

Ok de 06 del 2019

Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD**

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Dimensión 1: EFICIENCIA							
1	$TP = \frac{HM \text{ Programada} - HM \text{ Perdida}}{HM \text{ Programada}} \times 100$ <p>TP = Tiempo de producción HM = Horas Máquina</p>	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: EFICACIA							
2	$CP = \frac{PR}{PP} \times 100$ <p>CP = Cumplimiento de producción PR = Producción Real PP = Producción Programada</p>	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

*Si hay*

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable ☒    Aplicable después de corregir ☐    No aplicable ☐

Apellidos y nombres del juez validador, Dr/ Mg:

*Jorge Malpartida G.*  
*Ing. Industrial.*

DNI:

*10400346*

Especialidad del validador:

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**Nota:** Suficiencia, se dio suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

*06* de *06* del 20*19*

*[Firma]*

Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	Dimensión 1: MANTENIMIENTO PERIÓDICO							
	$CMP = \frac{\text{Mantenimiento realizado}}{\text{Mantenimiento planificado}} \times 100$ CMP → Cumplimiento de mantenimiento periódico MR → Mantenimiento Realizado MP → Mantenimiento Planificado	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: MANTENIMIENTO DE FIABILIDAD	Si	No	Si	No	Si	No	
2	$MTBF = \frac{TF}{NP} \times 100$ MTBF = Índice de Fiabilidad TF = Tiempo de funcionamiento NP = Número de averías	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Validez

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable [ ☒ ]    Aplicable después de corregir [ ☐ ]    No aplicable [ ☐ ]

Apellidos y nombres del juez validador, Dr/ Mg: Dr. Víctor Pastor Talles    DNI: 07721049

Especialidad del validador: Ph.D. in management (administration)

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

6 de Julio del 2019  
  
 Firma del Experto Informante.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD**

Nº	VARIABLE / DIMENSION	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	Dimensión 1: EFICIENCIA							
1	$TP = \frac{HM \text{ Programada} - HM \text{ Perdida}}{HM \text{ Programada}} \times 100$ <p>TP = Tiempo de producción HM = Horas Máquina</p>	✓		✓		✓		
	Dimensión 2: EFICACIA							
2	$CP = \frac{PR}{PP} \times 100$ <p>CP = Cumplimiento de producción PR = Producción Real PP = Producción Programada</p>	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Aplicable

Opinión de aplicabilidad:   Aplicable ☒   Aplicable después de corregir ☐   No aplicable ☐

Apellidos y nombres del juez validador, Dr/ Mg: Dr. Víctor Pastor Talledo DNI: 07721049

Especialidad del validador: Ph.D. in management (administration)

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dio suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

6 de Junio del 2018



Firma del Experto Informante.